



**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

**Departamento de Ingeniería Eléctrica**

**GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN 66 KV DOBLE CIRCUITO  
SIMPLEX ENTRE LAS SUBESTACIONES DE PEDREZUELA Y  
CABANILLAS DE LA SIERRA (MADRID)**

**SERGIO JIMÉNEZ RUBIO**

**Febrero, 2013**



**TUTOR: PABLO LEDESMA LARREA**



## **NOTA DEL AUTOR**

Para el presente proyecto me he basado en la experiencia que adquiriré en mis prácticas en empresas donde trabajé en proyectos similares al que expongo a continuación.

He optado por la estructura de un proyecto real porque me resultaba más familiar a la hora de elaborarlo y porque resulta más interesante para el lector. No obstante, hay algunas diferencias con respecto a un proyecto totalmente real debido a los fines académicos del mismo.

Tales diferencias pueden ser la extensión en explicaciones y cálculos como por ejemplo los del apartado '1.10.2 Consideraciones de carga y sobrecarga', desarrollos tan detallados como los del apartado '1.10.5 Cálculo de tensiones y flechas' y definiciones como la dada en el apartado '1.13.1 Principios básicos del cálculo mecánico en apoyos'.

También se han omitido cosas que en la vida real son más extensas como el 'Documento 5: Estudio de Seguridad y Salud' que suelen ser un anexo estándar de unas doscientas páginas de las cuales yo he extraído y resumido lo más esencial.

He tenido acceso a planos y tablas de costes a través de la empresa en la que estuve, a la cual agradezco su ayuda por darme esta base que explico a continuación.

En el caso de los planos de no haber sido así me los habría tenido que inventar y no habrían sido tan precisos. Como se verá, los planos son de una línea antigua real. He seguido el trazado que tenía la antigua línea en paralelo salvo en algunos puntos concretos, aunque he mantenido el relieve de la anterior línea para mayor sencillez haciendo los cambios oportunos en lo que a cruzamientos se refiere. Todos los apoyos y catenarias son nuevos e inventados.

En el caso de los costes del material, se podría haber hecho mirando los catálogos de cada material pero dado que la tabla de costes de la empresa es más rápida y sencilla he optado por esta opción (haciendo una estimación de la mano de obra).



## INDICE GENERAL

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA.....	8
DOCUMENTO N°2: PRESUPUESTO.....	118
DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES.....	122
DOCUMENTO N°4: PLANOS.....	134
DOCUMENTO N°5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	136
BIBLIOGRAFÍA.....	153
ANEXO I: AISLADORES.....	155
ANEXO II: CIMENTACIONES.....	157
ANEXO III: PUESTAS A TIERRA.....	164



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características generales de la línea.....	15
Tabla 2a. Trazado de la línea: Pedrezuela.....	17
Tabla 2b. Trazado de la línea: Guadalix de la Sierra.....	17
Tabla 2c. Trazado de la línea: Venturada.....	18
Tabla 2d. Trazado de la línea: Cabanillas de la Sierra.....	18
Tabla 3. Cruzamientos.....	19
Tabla 4. Características del conductor LA-175.....	20
Tabla 5. Características del cable de tierras/comunicaciones.....	21
Tabla 6. Características del aislamiento.....	21
Tabla 7. Características eléctricas de la línea.....	24
Tabla 8. Características eléctricas del conductor.....	24
Tabla 9. Intensidad máxima y parámetros.....	25
Tabla 10. Reactancia de autoinducción y parámetros.....	26
Tabla 11. Caída de tensión.....	28
Tabla 12. Pérdida de potencia.....	29
Tabla 13. Resumen magnitudes eléctricas.....	29
Tabla 14. Características mecánicas del conductor LA-175.....	30
Tabla 15. Características mecánicas del cable de tierra/comunicaciones.....	30
Tabla 16. Cargas permanentes.....	31
Tabla 17. Sobrecarga por viento.....	32
Tabla 18. Peso aparente por sobrecarga de viento.....	32
Tabla 19. Sobrecarga por hielo.....	33
Tabla 20. Peso aparente por sobrecarga de viento.....	33
Tabla 21. Resumen de resultados de carga y sobrecargas.....	34
Tabla 22. Cálculo mecánico del conductor LA-175 OSTRICH.....	38
Tabla 23. Cálculo mecánico del conductor OPGW.....	39
Tabla 24 (a-s). Tablas de tendido del conductor LA-175 OSTRICH.....	41-51



Tabla 25 (a-s). Tablas de tendido del conductor OPGW.....	51-61
Tabla 26. Tablas de organización de tendido y parámetro de replanteo del LA-175.....	62
Tabla 27. Tablas de organización de tendido y parámetro de replanteo del OPGW 48F.....	63
Tabla 28. Características eléctricas del aislador.....	64
Tabla 29. Características del aislador U70AB66.....	64
Tabla 30. Coeficientes de seguridad de los herrajes.....	65
Tabla 31. Características cadenas de suspensión para el LA-175 simplex.....	66
Tabla 32. Características cadenas de amarre para el LA-175 simplex.....	67
Tabla 33. Características cadenas suspensión para el cable de tierra/comunicaciones..	68
Tabla 34. Características cadenas amarre para el cable de tierra/comunicaciones.....	69
Tabla 35. Distancias eléctricas.....	70
Tabla 36. Factores distancias entre conductores LA-175.....	71
Tabla 37. Distancias mínimas y reales entre conductores LA-175.....	72
Tabla 38. Factores distancias entre conductores LA-175 y OPGW.....	73
Tabla 39. Distancias mínimas y reales entre conductores LA-175 y OPGW.....	74
Tabla 40. Hipótesis de cálculo para los apoyos.....	78-81
Tabla 41. Esfuerzos verticales máximos conductor LA-175 OSTRICH.....	85
Tabla 42. Esfuerzos verticales máximos cable de tierra/comunicaciones OPGW 48F..	86
Tabla 43. Resultados de esfuerzos horizontales.....	97
Tabla 44 (a-b). 1ª Hipótesis, coeficientes de seguridad.....	98-99
Tabla 45 (a-b). 2ª Hipótesis, coeficientes de seguridad.....	100-101
Tabla 46 (a-b). 3ª Hipótesis, coeficientes de seguridad.....	102-103
Tabla 47 (a-b). 4ª Hipótesis, coeficientes de seguridad.....	104-105
Tabla 48 (a-b). Hipótesis de hielo, coeficientes de seguridad.....	106
Tabla 49. Coordenadas UTM.....	107
Tabla 50. Coeficientes de compresibilidad de los terrenos.....	111
Tabla 51. Tipos de electrodos.....	115



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Peso aparente por viento.....	32
Figura 2. Cadenas de suspensión para el LA-175 simplex.....	66
Figura 3. Cadenas de amarre para el LA-175 simplex.....	67
Figura 4. Cadenas de suspensión para el cable de tierra/comunicaciones.....	68
Figura 5. Cadenas de amarre para el cable de tierra/comunicaciones.....	69
Figura 6. Cimentación monobloque en tierra.....	112
Figura 7. Cimentación de macizos independientes en tierra.....	114



## **DOCUMENTO N°1**

### **MEMORIA**





## ÍNDICE

<b>1.1. PREÁMBULO.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2. OBJETO DEL PROYECTO.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3. NORMATIVA APLICABLE.....</b>	<b>14</b>
<b>1.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA AÉREA.....</b>	<b>15</b>
<b>1.5. EMPLAZAMIENTO.....</b>	<b>16</b>
<b>1.6. TRAZADO DE LA LÍNEA.....</b>	<b>17</b>
<b>1.7. CRUZAMIENTOS.....</b>	<b>19</b>
<b>1.8. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS DE LA LÍNEA.....</b>	<b>20</b>
1.8.1. Conductores.....	20
1.8.2. Cable de tierra/comunicaciones.....	21
1.8.3. Aislamiento.....	21
1.8.4. Apoyos.....	22
1.8.5. Cimentaciones.....	23
1.8.6. Puesta a tierra.....	23
<b>1.9. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA AÉREA.....</b>	<b>24</b>
1.9.1. Características eléctricas de la línea.....	24
1.9.2. Características eléctricas del conductor.....	24
1.9.3. Intensidad máxima admisible.....	24
1.9.4. Resistencia eléctrica.....	25
1.9.5. Reactancia de autoinducción.....	25
1.9.6. Potencia máxima de transporte.....	26
1.9.7. Potencia activa transportada.....	27
1.9.8. Caída de tensión.....	27
1.9.9. Pérdidas por efecto Joule.....	28
1.9.10. Efecto corona.....	29
1.9.11. Magnitudes eléctricas.....	29
<b>1.10. CALCULOS MECÁNICOS DEL CONDUCTOR.....</b>	<b>30</b>
1.10.1. Características mecánicas del conductor y cable de tierra/comunicaciones..	30
1.10.2. Consideraciones de cargas y sobrecargas.....	30
1.10.2.1. Cargas permanentes.....	31



1.10.2.2. Sobrecarga por la acción del viento.....	31
1.10.2.3. Peso aparente por sobrecarga por la acción del viento.....	32
1.10.2.4. Sobrecarga debida al hielo.....	32
1.10.2.5. Peso aparente por sobrecarga por la acción del hielo.....	33
1.10.2.6. Resumen de resultados de carga y sobrecarga.....	33
1.10.3. Fenómenos vibratorios.....	34
1.10.4. Hipótesis de cálculo.....	34
1.10.5. Cálculo de tensiones y flechas.....	35
1.10.5.1. Tensiones.....	35
1.10.5.2. Flechas.....	36
1.10.6 Vano ideal de regulación.....	40
1.10.7 Tablas de tendido y parámetros de replanteo.....	40
<b>1.11. AISLAMIENTO.....</b>	<b>64</b>
1.11.1. Formación de cadenas de suspensión para el LA-175.....	66
1.11.2. Formación de cadenas de amarre para el LA-175.....	67
1.11.3. Formación de cadenas de suspensión para el OPGW 48F.....	68
1.11.4. Formación de cadenas de amarre para el OPGW 48F.....	69
<b>1.12. DISTANCIAS REGLAMENTARIAS.....</b>	<b>70</b>
1.12.1. Distancias entre conductores.....	70
1.12.2. Distancias entre conductores y partes puestas a tierra.....	75
1.12.3. Distancias al terreno, caminos, sendas ya cursos de agua no navegables.....	75
1.12.4. Distancias a otras líneas eléctricas o líneas aéreas de telecomunicación (cruzamientos).....	75
1.12.5. Paralelismos entre líneas eléctricas aéreas.....	76
1.12.6. Paralelismos entre líneas eléctricas aéreas y líneas de telecomunicación.....	76
<b>1.13. APOYOS.....</b>	<b>77</b>
1.13.1. Principios básicos del cálculo mecánico en apoyos.....	77
1.13.2. Definición de hipótesis normales y anormales.....	77
1.13.3. Definición de las hipótesis para los distintos tipos de apoyos.....	78
1.13.4. Esfuerzos verticales.....	82



1.13.5. Esfuerzos horizontales transversales y longitudinales.....	87
1.13.5.1. Apoyos de alineación.....	87
1.13.5.2. Apoyos de ángulo.....	88
1.13.5.3. Apoyos de anclaje.....	90
1.13.5.4. Apoyos de fin de línea.....	93
1.13.6. Coeficiente de corrección.....	94
1.13.7. Momento torsor.....	95
1.13.8. Selección de apoyos.....	95
1.13.9. Tablas de resultados.....	96
1.13.10. Coordenadas UTM.....	107
1.13.11. Señalización de los apoyos.....	107
1.13.12. Numeración de apoyos.....	107
1.13.13. Entronques Aéreo-Subterráneo.....	107
<b>1.14. CIMENTACIONES.....</b>	<b>109</b>
1.14.1. Cimentaciones monobloque en tierra.....	109
1.14.2. Cimentaciones de macizos independientes en tierra.....	112
<b>1.15. PUESTAS A TIERRA.....</b>	<b>115</b>
<b>1.16. CONCLUSIONES.....</b>	<b>117</b>



## **1.1 PREÁMBULO.**

Se realiza el presente Trabajo Fin de Grado con el principal objetivo de culminar mis estudios de Grado en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Carlos III de Madrid. La supervisión del proyecto queda bajo la tutoría del Doctor Pablo Ledesma Larrea.

El proyecto consiste en el diseño y cálculo de una Línea Aérea de 66 kV para el transporte de 97 MVA con una longitud aproximada de 8,4 km.



## **1.2 OBJETO DEL PROYECTO.**

Se quiere mejorar la calidad del servicio en la zona norte de la Comunidad de Madrid por lo que se proyecta el paso de una línea de simple circuito a doble circuito, cambiando el anterior conductor por un LA-175 que proporcionará una mayor capacidad de transporte.

La línea irá desde la subestación de Pedrezuela hasta la subestación de Cabanillas de la Sierra, ambos propiedad de Iberdrola Distribución Eléctrica, y se proyectará siguiendo la traza de la línea aérea existente tal y como se muestra en el Documento 2 (planos).

El desmontaje de la línea existente será posterior a la finalización de las obras de la nueva línea, manteniendo de esta forma el suministro a los clientes de la zona durante el tiempo de construcción de la nueva línea.

También es objeto de este proyecto la obtención de las autorizaciones correspondientes por parte de los Organismos Oficiales para su construcción y posterior puesta en marcha, por lo que se redacta de acuerdo a la legislación vigente.



### 1.3 NORMATIVA APLICABLE.

El objeto del presente proyecto es el de establecer los criterios técnicos y económicos que permitan la construcción de transporte anteriormente indicada.

En la redacción de este documento se han tenido en cuenta:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09, aprobado por Decreto 223/2008, de 15 de febrero, y publicado en el B.O.E. del 19-05-08.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, aprobado por el Real Decreto de 12-11-82 y publicado en el B.O.E. núm. 288 del 1-12-82 y las Instrucciones Técnicas Complementarias aprobadas por Orden de 6-7-84, y publicado en el B.O.E. núm. 183 del 1-8-84, así como las actualizaciones posteriores.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre de 2000, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Normalización Nacional de obligado cumplimiento (Normas UNE).
- Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid. (Modificada parcialmente por la ley 2/2004, de 31 de mayo, de Medidas Fiscales y Administrativas). BOE 176, de 24-07-2002.
- Normas Particulares de la Empresa Iberdrola, S.A. para las instalaciones de líneas de Alta Tensión hasta 66 kV.
- Recomendaciones UNESA.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.
- Ley del Sector Eléctrico. Ley 54/1997, de 27 de noviembre. B.O.E. 28 de noviembre de 1997.
- Decreto de 40/1998 de la Comunidad de Madrid, de 5 de Marzo, por lo que se establecen normas para instalaciones eléctricas aéreas de alta tensión y líneas de baja tensión con fines para la protección de la Avifauna.

#### 1.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA AÉREA.

Las características generales de la línea se muestran en la siguiente tabla:

Sistema	Corriente alterna trifásica
Tensión nominal (kV)	66
Tensión más elevada (kV)	72,6
Frecuencia (Hz)	50
Categoría de la línea	2ª
Origen de la línea	Pedrezuela
Final de la línea	Cabanillas de la Sierra
Nº de circuitos trifásicos	2
Nº de conductores por fase	1
Disposición de los conductores	Hexágono
Máxima potencia a transportar (MVA)	48,70 MVA/circuito
Longitud de la línea (km)	8,416
Zona reglamentaria de aplicación	B
Naturaleza del conductor	Aluminio – acero
Denominación del conductor	LA – 175 (OSTRICH)
Nº de cables de tierra	1
Cable de tierra/comunicaciones	OPGW 48F
Aislamiento	Composite
Tipo de apoyo	Metálicos de celosía
Nº de apoyos	38
Cimentaciones	Monobloque/fraccionadas
Puesta a tierra	Anillo/Picas

*Tabla 1. Características generales de la línea.*



### **1.5 EMPLAZAMIENTO.**

La ubicación de la obra queda perfectamente definida en el Plano N°1 Situación. En él pueden verse como las instalaciones del presente proyecto quedan ubicadas en los Términos Municipales de Pedrezuela, Guadalix de la Sierra, Venturada y Cabanillas de la Sierra, todos ellos en la Comunidad de Madrid.





## 1.6 TRAZADO DE LA LÍNEA.

El trazado de la línea puede verse mejor en el plano de planta que en una dilatada explicación. La longitud total de la línea es de 8.416 metros, y está compuesta por 37 vanos.

El trazado de la línea es de fácil acceso en todo su recorrido, quedando emplazada entre los 825 m y los 921 m metros de altitud sobre el nivel del mar con lo que según la ITC-LAT-07 del Reglamento, la línea se encontrará en la zona B.

A continuación se muestran las alineaciones separadas por términos municipales que unen ambas subestaciones:

TÉRMINO MUNICIPAL: PEDREZUELA			LONGITUD (m): 3485	
Nº ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ANGULO CON LA SIGUIENTE ALINEACIÓN (g)	LONGITUD (m)
1	1	2	193,21	146
2	2	8	197,81	1216
3	8	9	148,18	128
4	9	12	250,94	519
5	12	14	179,47	483
6	14	18	241,84	993

*Tabla 2a. Trazado de la línea: Pedrezuela.*

\* Apoyos 17 y 18 ya en Guadalix de la Sierra.

TÉRMINO MUNICIPAL: GUADALIX DE LA SIERRA			LONGITUD (m): 1049	
Nº ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ANGULO CON LA SIGUIENTE ALINEACIÓN (g)	LONGITUD (m)
7	18	19	154,98	362
8	19	21	196,36	535
9	21	23	211,04	256

*Tabla 2b. Trazado de la línea: Guadalix de la Sierra.*

\* Apoyo 23 ya en Venturada.



TÉRMINO MUNICIPAL: VENTURADA			LONGITUD (m): 2745	
Nº ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ANGULO CON LA SIGUIENTE ALINEACIÓN (g)	LONGITUD (m)
10	23	24	217,83	414
11	24	29	188,90	1348
12	29	31	207,27	376
13	31	36	208,13	956

*Tabla 2c. Trazado de la línea: Venturada.*

\* Apoyos 34, 35 y 36 ya en Cabanillas de la Sierra.

TÉRMINO MUNICIPAL: CABANILLAS DE LA SIERRA			LONGITUD (m): 1.137	
Nº ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ANGULO CON LA SIGUIENTE ALINEACIÓN (g)	LONGITUD (m)
15	36	37	221,13	228
16	37	38	0,00	304

*Tabla 2d. Trazado de la línea: Cabanillas de la Sierra.*

## 1.7 CRUZAMIENTOS

Además de algunos cruzamientos con caminos, torrenteras y arroyos enumero la relación de cruzamientos, paralelismos y demás situaciones reguladas en el capítulo 7 del R.L.A.T. que se producen como consecuencia del trazado de la nueva línea:

Nº CRUCE	VANO ENTRE APOYOS	CRUZAMIENTO	ORGANISMO
1	6-7	Línea aérea B.T. Iberdrola	Iberdrola
2	6-7	Carretera M-608 P.K. 0+400	Iberdrola
3	6-7	Línea de teléfono	Telefónica
4	7-8	Línea aérea B.T. Iberdrola	Iberdrola
5	11-12	Línea aérea M.T. Iberdrola	Iberdrola
6	14-15	Línea aérea M.T. Iberdrola	Iberdrola
7	16-17	Línea aérea M.T. Iberdrola	Iberdrola
8	17-18	Línea aérea M.T. Iberdrola	Iberdrola
9	18-19	Autovía A-1 (P.K. 48+250)	Ministerio de Fomento
10	21-22	Crta. de enlace con la Autovía A-1 (P.K.49+000)	Ministerio de Fomento
11	25-26	Línea aérea M.T. Iberdrola	Iberdrola
12	25-26	Línea de teléfono	Telefónica
13	27-28	Ctra. N-320 (P.K. 33+908)	Ministerio de Fomento
14	27-28	Autovía A-1 (P.K. 53+007)	Ministerio de Fomento

*Tabla 3. Cruzamientos.*

Todos estos cruzamientos cumplen con el reglamento. No existen paralelismos.

## 1.8 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS DE LA LÍNEA AÉREA

La línea proyectada queda definida por la tensión de servicio y por la máxima potencia transportable. El aislamiento de los materiales de la instalación estará dimensionado como mínimo, salvo indicación, para una tensión más elevada de 72,5 kV.

En cuanto a la tensión de servicio, se proyecta la de 66 kV por esta la tensión de la línea en la que se prevé entregar la energía a los futuros centros de transformación.

Se describen en los siguientes apartados los diferentes elementos que constituyen la línea objeto del presente documento.

### 1.8.1 Conductores

La línea será de doble circuito con conductor aluminio-acero galvanizado LA-175 (OSTRICH), según norma UNE 21016, cuyas características principales se muestran en el siguiente cuadro:

Denominación	LA – 175 (OSTRICH)
Sección de aluminio (mm <sup>2</sup> )	152
Sección de acero (mm <sup>2</sup> )	24,7
Sección total (mm <sup>2</sup> )	176,7
Composición	26/7
Diámetro hilos de aluminio (mm)	2,73
Diámetro hilos de acero (mm)	2,12
Diámetro núcleo de acero (mm)	6,36
Diámetro total del cable (mm)	17,28
Carga de rotura (daN)	5.500
Resistencia eléctrica C.A. a 20°C (Ω/km)	0,190
Peso propio del cable (daN/m)	0,610
Módulo de elasticidad teórico (daN/mm <sup>2</sup> )	7.500
Coeficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> x 10 <sup>-6</sup> )	18,9
Intensidad máxima permanente (A)	429

*Tabla 4. Características del conductor LA-175.*

### 1.8.2 Cable de tierra/comunicaciones

El cable de tierra que servirá también de comunicaciones será el OPGW 48F, cuyas características principales se muestran en la siguiente tabla:

Denominación	OPGW 48F
Sección resistente (mm <sup>2</sup> )	176,70
Diámetro exterior (mm)	15,00
Carga de rotura (daN)	9.000
Tensión máxima permitida (sin alargamiento de la fibra óptica) (daN)	5.500
Tensión mínima de tendido en las condiciones más desfavorables (daN)	≥3.300
Peso (daN/m)	0,670
Módulo de elasticidad teórico (daN/mm <sup>2</sup> )	11.000
Coefficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> x10 <sup>-6</sup> )	15,0
Margen de temperatura	-30 a 70 °C
Intensidad de cortocircuito nominal (0,3s) (kA)	16

*Tabla 5. Características del cable de tierras/comunicaciones.*

### 1.8.3 Aislamiento

Se empleara aislamiento de composite de anilla y vástago, según norma NI 48.08.01, las cadenas estarán formadas por aisladores cuyas características se muestran en la siguiente tabla:

Clase de material	Composite
Denominación	U70AB66
Carga de rotura mínima del aislador (sin grapa)	7000 daN
Línea de fuga	1450 mm
Tensión de contorno bajo lluvia a 50 Hz durante un minuto	165 kV eficaces
Tensión a impulso tipo rayo, valor de cresta	380 kV
Peso neto aproximado	3 kg

*Tabla 6. Características del aislamiento.*



#### 1.8.4 Apoyos

Los apoyos proyectados se corresponden con los de tipo metálico de celosía de acero laminado galvanizado, formado por perfiles angulares de lados iguales y chapas unidas por medio de tornillos, de sección cuadrada con disposición hexagonal para doble circuito y cable de tierra/comunicaciones, para diferentes alturas y dos diferentes configuraciones de acuerdo con el MT 2.23.50.

Atendiendo al tipo de cadena de aislamiento y a su función en la línea, los apoyos se clasifican en:

- Apoyo de suspensión: Apoyo con cadenas de aislamiento de suspensión.
- Apoyo de amarre: Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre.
- Apoyo de anclaje: Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre destinado a proporcionar un punto firme en la línea. Limitará, en ese punto, la propagación de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional. Todos los apoyos de la línea cuya función sea de anclaje tendrán identificación propia en el plano de detalle del proyecto de la línea.
- Apoyo de principio o fin de línea: Son los apoyos primero y último de la línea, con cadenas de aislamiento de amarre, destinados a soportar, en sentido longitudinal, las solicitudes del haz completo de conductores en un solo sentido.
- Apoyos especiales: Son aquellos que tienen una función diferente a las definidas en la clasificación anterior.

Atendiendo a su posición relativa respecto al trazado de la línea, los apoyos se clasifican en:

- Apoyo de alineación: Apoyo de suspensión, amarre o anclaje usado en un tramo rectilíneo de la línea.
- Apoyo de ángulo: Apoyo de suspensión, amarre o anclaje colocado en un ángulo del trazado de una línea.

Se usarán apoyos de la Serie 1 y 2 (apoyos normalizados por Iberdrola) y en aquellos casos en los que estos no puedan cumplir con los apoyos solicitantes a soportar se proyectaran apoyos del catálogo IMEDEXSA de las series Halcón, Águila, Águila Real y Cóndor.

Los cálculos se realizarán teniendo en cuenta los dos tipos de clasificaciones expuestos anteriormente.



### 1.8.5 Cimentaciones

Las cimentaciones de los apoyos del proyecto serán de dos tipos: monobloque de hormigón en masa, de forma prismática recta, y de las dimensiones que para cada tipo de apoyo y para cada tipo de terreno se indican en los planos que se acompañan; y de macizos independientes de hormigón en masa, que serán cuatro macizos de hormigón, uno por cada pata del apoyo, suficientemente separados para permitir su construcción.

### 1.8.6 Puesta a tierra

Se instalará una puesta a tierra en cada apoyo como medida de protección ante posibles descargas de origen atmosférico.

El objetivo de la puesta a tierra es conseguir que su resistencia de difusión sea inferior a  $20 \Omega$  en los apoyos situados en zonas frecuentadas. En las zonas de pública concurrencia también será obligatorio el empleo de electrodos de difusión en anillo cerrado enterrado alrededor del apoyo.

La puesta a tierra se efectuará con picas bimetálicas de acero-cobre y cable de cobre de  $50 \text{ mm}^2$  de sección.

## 1.9 CÁLCULO ELÉCTRICO DE LA LÍNEA AÉREA

### 1.9.1 Características eléctricas de la línea.

Las características generales de la línea eléctrica se muestran en la siguiente tabla:

Categoría de la línea	Segunda
Corriente	Alterna trifásica
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal de servicio(kV)	66
Tensión más elevada (kV)	72,5
Frecuencia (Hz)	50
Nº de circuitos	2
Nº de conductores por fase	1
Potencia máxima de transporte (MVA)	48,70 MVA / circuito

*Tabla 7. Características eléctricas de la línea.*

### 1.9.2 Características eléctricas del conductor.

El conductor proyectado en cada circuito de esta línea corresponde al de aluminio-acero galvanizado denominado LA-175 (UNE 21018) cuyas características se muestran en la siguiente tabla:

Tipo de conductor	LA-175 (OSTRICH)
Sección equivalente de Al, SL (mm <sup>2</sup> )	152
Sección total de Al-Ac, SLA (mm <sup>2</sup> )	176,7
Resistencia eléctrica a 20° C R ( $\Omega$ /Km)	0,190
Radio aparente 'r' (mm)	8,64

*Tabla 8. Características eléctricas del conductor.*

### 1.9.3 Intensidad máxima admisible.

La densidad máxima de corriente en régimen permanente para los conductores de aluminio  $\delta L$ , y el coeficiente de reducción  $k$  para los de aluminio-acero, se deducen del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad Líneas Eléctricas de Alta Tensión ITC-07 Apartado 4.

La densidad máxima del conductor de Al-Ac,  $\delta LA$ , viene dado por:



$$\delta_{LA} = \delta_L \cdot k$$

y la intensidad máxima por fase, I, para una sección total del conductor SLA, por:

$$I = \delta_{LA} \cdot S_{LA}$$

Los valores correspondientes MT 2.21.56, para un cosφ de 0,9 son los que a continuación se indican:

Conductor	LA-175
$\delta_L$ (Ω/mm <sup>2</sup> )	2,617
k	0,927
$\delta_{LA}$ (Ω/mm <sup>2</sup> )	2,426
I (A)	429

Tabla 9. Intensidad máxima y parámetros.

#### 1.9.4 Resistencia eléctrica.

La resistencia eléctrica total de una línea se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R_T = R_{km} \cdot L_T$$

Donde:

- $R_T$ : es la resistencia total de la línea (W).
- $R_{km}$ : es la resistencia por kilómetro de conductor (W/km).
- $L_T$ : longitud total de la línea (km).

Sabemos que a 20 °C, la resistencia del conductor es de 0,190 Ω/km y que la longitud total de la línea es de 8,416 km, con lo que se obtiene:

$$R_T = 1,6 \, \Omega$$

#### 1.9.5 Reactancia de autoinducción.

La reactancia de autoinducción por km, 'X', viene dada por la fórmula siguiente:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \, (\Omega/\text{km})$$

Donde 'L', es el coeficiente de autoinducción, que a su vez viene dado por la expresión:

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{D_{eq}}{D_{sg}} \quad (\text{H/km})$$

Siendo:

- $\mu_0$ : permeabilidad magnética del vacío ( $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  H/m).
- $D_{eq}$ : la distancia media geométrica entre fases dada por:

$$D = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{13} \cdot D_{23}} \quad (\text{mm})$$

Donde  $D_{12}$ ,  $D_{13}$ ,  $D_{23}$  son las distancias entre las fases de un circuito en (mm).

- $D_{sg}$ : es el radio medio geométrico que por ser un circuito simplex equivale al radio efectivo del conductor en (mm), que es ligeramente inferior al radio del conductor:

$$D_{sg} = r' = r \cdot e^{-0,25}$$

Los valores correspondientes para el conductor y disposición proyectada con los apoyos tipo 62E normalizados de Iberdrola son:

Parámetro	LA-175
$D_{eq}$ (apoyo 62E) (mm)	4280
L (H/km)	$1,291 \cdot 10^{-3}$
X ( $\Omega/\text{Km}$ )	0,406

Tabla 10. Reactancia de autoinducción y parámetros.

### 1.9.6 Potencia máxima de transporte

La máxima potencia a transportar viene limitada por dos factores: intensidad máxima admitida en el conductor, y por la caída máxima de tensión.

Por lo tanto, la máxima potencia a transportar con la limitación de la intensidad máxima admisible vendrá dada por:

$$P = U \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi$$

donde:

- $I_{m\acute{a}x}$ : intensidad máxima admisible por el conductor.
- $U$ : tensión de la línea en kilovoltios.
- $\cos\varphi$  = Factor de potencia = 0,9

Por otro lado, la potencia máxima a transportar con la limitación de la caída de tensión máxima que se establece y que por normativa no debe ser superior al 5%, depende también de la longitud de la línea según la expresión:

$$P = \frac{10 \cdot U^2}{(R + X \cdot \tan \varphi) \cdot L} \cdot \Delta U \% \text{ (kW)}$$

$$P_{\text{MAX}} = 131,78 \text{ MW}$$

### 1.9.7 Potencia activa transportada

La potencia aparente que sale de la subestación es 48,7 MVA/circuito, como sabemos que el factor de potencia es 0,9 podemos calcular la potencia activa transportada:

$$P = S \cdot \cos \varphi = 48,7 \cdot 0,9 = 43,83 \text{ MW}$$

Como se puede ver, la potencia activa transportada es menor que la potencia activa máxima que se puede transportar por la línea.

### 1.9.8 Caída de tensión.

Una de las limitaciones de la potencia máxima de la línea, es la caída de tensión o de pérdidas de tensión, que en régimen permanente no debe sobrepasar el 5%, para mantener una buena calidad de servicio.

La pérdida de tensión  $\Delta U$ , expresada en voltios, viene dada por la fórmula:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \text{ (V)}$$

Siendo  $L$ , longitud de la línea en km, y  $\varphi$ , ángulo de desfase.

Sustituyendo  $I$  en la expresión anterior por:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \text{ (A)}$$

tendremos:

$$\Delta U = \frac{P \cdot L}{U} (R + X \cdot \tan \varphi) \text{ (V)}$$

Que al indicarlo como caída de tensión en tanto por ciento  $\mu\%$ , toma la expresión:

$$\mu\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} (R + X \cdot \tan \varphi) \text{ (V)}$$

en la que P, es la potencia de transporte en kW.

Seguidamente se señalan los valores para el conductor proyectado:

Conductor	LA-175
$\cos \varphi$	0,90
$\tan \varphi$	0,484
$\Delta U$ (V)	$0,025 \cdot P$
$\Delta u\%$	$3,794 \cdot 10^{-5} \cdot P$

Tabla 11. Caída de tensión.

En este caso, la caída de tensión en tanto por ciento  $\mu\%$  para cada circuito, en función de la potencia a transportar P, para la tensión de 66 kV y un  $\cos \varphi = 0.9$ , es:

$$\Delta u\% = 2,053$$

### 1.9.9 Pérdidas por efecto Joule.

Las pérdidas de potencia por efecto Joule  $\Delta P$  de una línea, vienen dadas por la fórmula:

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot I^2 \cdot L \quad (\text{W})$$

Sustituyendo I, intensidad de la línea, por su equivalente:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (\text{A})$$

tendremos:

$$\Delta P = \frac{P^2 \cdot R \cdot L}{10^3 \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \quad (\text{kW})$$

Las pérdidas de potencia en tanto por ciento  $\Delta P\%$ , serán:

$$\Delta P\% = \frac{P \cdot R \cdot L}{10 \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$$

Donde:

- R: resistencia del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .
- L: longitud de la línea en km.
- P: potencia en kW.

- U: tensión compuesta en kV.

Seguidamente se señalan los valores para el conductor proyectado en función de la potencia a transportar P y con una  $P = 4380$  kW, con  $L = 4,416$  km, para la tensión de 66 kV y un  $\cos\phi = 0,9$ :

Conductor	LA-175
$\Delta P$ (kW)	$3,672 \cdot 10^{-7} \cdot P^2$
$\rho\%$	$3,672 \cdot 10^{-5} \cdot P$
$\Delta P$ ( $P = 43830$ kW)	705,42
$\Delta P\%$ ( $P = 43830$ kW)	1,61

Tabla 12. Pérdida de potencia.

### 1.9.10 Efecto corona.

De acuerdo con el Reglamento Sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad Líneas Eléctricas de Alta Tensión ITC-07 apartado 4.3, no es necesario analizar para un proyecto de estas características el comportamiento de los conductores al efecto corona.

En nuestro caso el valor de tensión crítica disruptiva  $U_c$ , punto de aparición del efecto corona, es muy superior a la tensión más elevada de la línea 72,5 kV.

### 1.9.11 Magnitudes eléctricas.

En la siguiente tabla se resumen los valores de las magnitudes eléctricas obtenidos en este apartado:

Resistencia	$R_{20^\circ} = 0,190 \Omega/\text{km}$
	$R_T = 1,6 \Omega$
Reactancia	$X = 0,406 \Omega/\text{km}$
Coeficiente de autoinducción	$L = 1,291 \cdot 10^{-3} \text{ H/km}$
Intensidad máxima admisible	$I = 429 \text{ A}$
Caída de tensión	$\Delta u\% = 2,053$
Potencia máxima a transportar	$P_{\text{MAX}} = 131,78 \text{ MW/circuito}$
Potencia transportada	$P = 43,83 \text{ MW/circuito}$
Pérdida de potencia	$\Delta P\% = 1,61$

Tabla 13. Resumen magnitudes eléctricas.

## 1.10 CÁLCULO MECÁNICO DEL CONDUCTOR

### 1.10.1 Características mecánicas del conductor y cable de tierra/comunicaciones.

Denominación	LA – 175 (OSTRICH)
Material	Aluminio-acero
Sección de aluminio (mm <sup>2</sup> )	152
Sección de acero (mm <sup>2</sup> )	24,7
Sección total (mm <sup>2</sup> )	176,7
Composición	26/7
Diámetro hilos de aluminio (mm)	2,73
Diámetro hilos de acero (mm)	2,12
Diámetro núcleo de acero (mm)	6,36
Diámetro total del cable (mm)	17,28
Carga de rotura (daN)	5.500
Peso propio del cable (daN/m)	0,610
Módulo de elasticidad teórico (daN/mm <sup>2</sup> )	7.500
Coefficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> x 10 <sup>-6</sup> )	18,9

Tabla 14. Características mecánicas del conductor LA-175.

Denominación	OPGW 48F
Material	
Sección resistente (mm <sup>2</sup> )	176,70
Diámetro exterior (mm)	15,00
Carga de rotura (daN)	9.000
Peso (daN/m)	0,670
Módulo de elasticidad teórico (daN/mm <sup>2</sup> )	11.000
Coefficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> x 10 <sup>-6</sup> )	15,0

Tabla 15. Características mecánicas del cable de tierra/comunicaciones.

### 1.10.2 Consideraciones de cargas y sobrecargas.

Según el artículo 3.1 de la ITC-LAT-07 el cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la línea se efectuará bajo la acción de las cargas y sobrecargas que a continuación se indican:

### 1.10.2.1 Cargas permanentes.

Se considera la carga vertical debida al peso del conductor y del cable de tierra, es decir:

LA – 175 (OSTRICH)	$P_{cp} = 0,610 \text{ daN/m}$
OPGW 48F	$P_{cp} = 0,670 \text{ daN/m}$

*Tabla 16. Cargas permanentes.*

### 1.10.2.2 Sobrecarga por la acción del viento.

Se considerará un viento mínimo de 120 km/h y se supondrá horizontal, actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide (artículo 3.1.2.1 del reglamento)

La presión del viento en los conductores causa fuerzas transversales a la dirección de la línea y aumenta las tensiones sobre los conductores. La expresión general es:

$$F_c = q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \quad (\text{daN})$$

siendo:

- ‘d’: diámetro del conductor, en metros.
- ‘a<sub>1</sub>’, ‘a<sub>2</sub>’: longitudes de los vanos adyacentes, en metros. La semisuma de a<sub>1</sub> y a<sub>2</sub> (el tercer factor de la expresión) es el eolovano a<sub>v</sub>.
- ‘q’: presión del viento.

La anterior fórmula expresada en daN/m y con el diámetro expresado en mm es:

$$P_v = q \cdot d \cdot 10^{-3} \quad (\text{daN/m})$$

Siendo ‘q’:

- $q = 60 \times (V_v/120)^2 \text{ daN/m}^2$  para conductores de  $d \leq 16 \text{ mm}$ .
- $q = 50 \times (V_v/120)^2 \text{ daN/m}^2$  para conductores de  $d > 16 \text{ mm}$ .

Por lo tanto:

Para el conductor:

$$P_v = 50 \cdot 17,28 \cdot 10^{-3} = 0,864 \text{ (daN/m)}$$

Para el cable de tierra:

$$P_v = 60 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,9 \text{ (daN/m)}$$

LA – 175 (OSTRICH)	$P_v = 0,864 \text{ daN/m}$
OPGW 48F	$P_v = 0,900 \text{ daN/m}$

Tabla 17. Sobrecarga por viento.

#### 1.10.2.3 Peso aparente por sobrecarga por la acción del viento.

La carga total teniendo en cuenta peso propio del conductor y la acción del viento se obtendría mediante una suma vectorial tal y como se muestra en la siguiente figura:

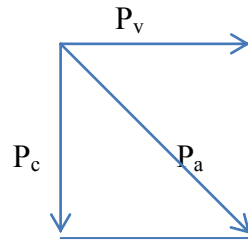


Figura 1. Peso aparente por viento.

Pero usaremos la suma directa de las componentes del eje 'x' y del eje 'y' porque los valores que nos dan los catálogos han sido obtenidos mediante experimentos en una dirección u otra, no en ambas a la vez. Con lo cual haciendo la suma de esta forma obtenemos un margen de seguridad que la suma vectorial no nos da.

Por lo tanto:

Para el conductor:

$$P_{Tv} = P_{cp} + P_v = 0,610 + 0,864 = 1,474 \text{ (daN/m)}$$

Para el cable de tierra:

$$P_{Tv} = P_{cp} + P_v = 0,670 + 0,900 = 1,570 \text{ (daN/m)}$$

LA – 175 (OSTRICH)	$P_{Tv} = 1,474 \text{ daN/m}$
OPGW 48F	$P_{Tv} = 1,570 \text{ daN/m}$

Tabla 18. Peso aparente por sobrecarga de viento.

#### 1.10.2.4. Sobrecarga debida al hielo.

Según el artículo 3.1.3 del reglamento nuestra línea se encuentra en zona B por lo que se considerarán sometidos los conductores y el cable de tierra/comunicaciones a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor:

$$P_h = 0,18 \cdot \sqrt{d} \text{ (daN/m)}$$

Siendo 'd' el diámetro del conductor o cable de tierra en milímetros.



Por lo tanto:

Para el conductor:

$$P_h = 0,18 \cdot \sqrt{17,28} = 0,748 \text{ (daN/m)}$$

Para el cable de tierra:

$$P_h = 0,18 \cdot \sqrt{15} = 0,697 \text{ (daN/m)}$$

LA – 175 (OSTRICH)	$P_h = 0,748 \text{ daN/m}$
OPGW 48F	$P_h = 0,697 \text{ daN/m}$

*Tabla 19. Sobrecarga por hielo.*

#### 1.10.2.5 Peso aparente por sobrecarga por la acción del hielo.

Para calcular la sobrecarga total en la hipótesis de hielo basta con sumar la carga permanente y la sobrecarga por hielo ya que ambos pesos actúan en la misma dirección (ambos son debidos a la fuerza gravitatoria):

$$P_{Th} = P_{cp} + P_h$$

Por lo tanto:

Para el conductor:

$$P_{Th} = 0,610 + 0,748 = 1,358 \text{ (daN/m)}$$

Para el cable de tierra:

$$P_{Th} = 0,670 + 0,697 = 1,367 \text{ (daN/m)}$$

LA – 175 (OSTRICH)	$P_{Th} = 1,358 \text{ daN/m}$
OPGW 48F	$P_{Th} = 1,367 \text{ daN/m}$

*Tabla 20. Peso aparente por sobrecarga de viento.*

La hipótesis de ‘hielo + viento’ al no ser línea de categoría especial no se aplica.

#### 1.10.2.6. Resumen de resultados de carga y sobrecarga.

En la siguiente tabla se muestran todos los resultados obtenidos en el apartado 1.14.4:

HIPÓTESIS	LA-175 (OSTRICH) (daN/m)	OPGW 48F (daN/m)
Peso	0,610	0,670
Viento	0,864	0,900
Peso + Viento	1,474	1,570
Hielo	0,748	0,697
Peso + Hielo	1,358	1,367

*Tabla 21. Resumen de resultados de carga y sobrecargas.*

### 1.10.3 Fenómenos vibratorios.

Según el artículo 3.2.2 del reglamento ITC-LAT07, cuando deseamos determinar las tracciones mecánicas de los conductores y cables de tierra deberá tenerse en cuenta la incidencia de posibles fenómenos vibratorios que pueden acortar la vida útil de los mismos y dar lugar a desgaste y fallos en herrajes, aisladores y accesorios, e incluso en elementos de los apoyos. Estos fenómenos son producidos por la vibración eólica y, en el caso de conductores en haz, también por la vibración del subvano (entre separadores).

En general, se recomienda que la tracción a temperatura de 15 °C no supere el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instalan.

Los fenómenos vibratorios se tendrán en cuenta en las siguientes hipótesis de carga:

- Hipótesis CHS (Cold Hours Stress o Tensión en Horas Frías): la hipótesis de carga CHS tiene en cuenta el fenómeno de vibración eólica del cable en condiciones de tensión más elevada que es probable que ocurra periódicamente a una temperatura fría determinada (en nuestro caso -5°C por estar en zona B) y sin sobrecarga, de modo que la tensión del cable nunca supere un determinado porcentaje de la carga de rotura en esas condiciones.
- Hipótesis EDS (Every Day Stress o Tensión de Cada Día): la hipótesis de carga EDS tiene en cuenta el fenómeno de vibración eólica del cable en condiciones de temperatura normales (15°C) sin sobrecarga, de modo que la tensión del cable nunca supere un determinado porcentaje de la carga de rotura en esas condiciones.

### 1.10.4 Hipótesis de cálculo.

Para determinar los valores máximos y mínimos de las tensiones y las flechas se considerarán las siguientes hipótesis definidas en el apartado 3.2.3 del ITC-LAT-07:

- Hipótesis de temperatura: se determinarán las tensiones y las flechas en los conductores sometidos únicamente a la acción de su propio peso, a las temperaturas de (-15°C) y de, (+50°C) en el caso del OPGW, y (+75°C) en el

caso del conductor (normativa Iberdrola).

- Hipótesis de viento: se determinarán las tensiones y las flechas en los conductores sometidos a la acción de su propio peso más una sobrecarga de viento de 120 km/h de velocidad a las temperaturas de (-5°C) y (+15°C).
- Hipótesis de hielo: se determinarán las tensiones y las flechas en los conductores sometidos a la acción de su propio peso con una sobrecarga de un manguito de hielo sobre el conductor a las temperaturas de (-15°C) y 0°C.

### 1.10.5 Cálculo de tensiones y flechas.

#### 1.10.5.1 Tensiones.

Los conductores e hilos de tierra están sujetos a los siguientes factores:

- Variaciones de temperatura.
- La acción del viento.
- La formación de hielo.

Estos tres factores afectan a: la tensión mecánica, la longitud del conductor y a la flecha. Todas estas variables se relacionan a través de la ‘ecuación de cambio de condiciones’ que permite relacionar las tensiones mecánicas en dos condiciones distintas, definidas por la temperatura y peso aparente.

Por lo tanto, partiendo de la tracción, temperatura y carga total correspondiente a la hipótesis de partida, se calcula, con la ayuda de dicha ecuación, las tracciones respectivas a las hipótesis de cálculo indicadas en el apartado anterior.

La ecuación de cambio de condiciones viene dada por la siguiente expresión:

$$t_2^2 \cdot [t_2 - (k - \alpha E(\theta_2 - \theta_1))] = \frac{a^2 \cdot p_2^2 \cdot E}{24 \cdot s^2}$$

Donde el factor ‘k’ es:

$$k = t_1 - \frac{a^2 \cdot p_2^2 \cdot E}{24 \cdot s^2 t_1^2}$$

Siendo las constantes:

- ‘E’: módulo de elasticidad en kg/mm<sup>2</sup>.
- ‘α’: coeficiente de dilatación lineal por grado de temperatura.
- ‘a’: el vano en metros.

- ‘s’: la sección en mm<sup>2</sup>.

Siendo las variables:

- ‘t<sub>1</sub>’, ‘t<sub>2</sub>’: las tensiones en kg/mm<sup>2</sup>.
- ‘θ<sub>1</sub>’, ‘θ<sub>2</sub>’: las temperaturas en grados.
- ‘p<sub>1</sub>’, ‘p<sub>2</sub>’: los pesos aparentes en kg/m.

Los subíndices 1 y 2 se refieren a cada una de las dos condiciones en las que se aplica la ecuación.

La tensión en el punto del apoyo del conductor es distinta de la tensión en el punto más bajo del mismo. Para calcularla, habría que descomponer vectorialmente la tensión horizontal y el peso pero dado que la inclinación del conductor en el apoyo es relativamente pequeña se suele despreciar y consideraremos la tensión constante en todo el conductor.

#### 1.10.5.2 Flechas.

La flecha es el a distancia en vertical entre el punto más bajo del conductor y el punto de sujeción del mismo. Conocidas las tensiones y los pesos aparentes, determinaremos las flechas mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{T_2}{p_2} \cdot \left[ \cosh \left( \frac{a \cdot p_2}{2 \cdot T_2} \right) - 1 \right]$$

Se calculan, con el valor de ‘p<sub>a</sub>’ (peso aparente sin sobrecarga) y los valores de ‘T’ de cada vano de regulación obtenidos en las siguientes hipótesis, los parámetros de la catenaria de las curvas de replanteo correspondientes a:

- Flecha máxima: que se dará a la temperatura de 75°C sin sobrecarga en el conductor.
- Flecha mínima: que se dará a la temperatura de -15°C sin sobrecarga en el conductor.

Conocidas las tracciones y las sobrecargas que ocasionan las flechas máximas y mínimas, determinaremos los parámetros de las catenarias correspondientes mediante la expresión:

$$Y = \frac{T}{p_a}$$

- T<sub>h</sub>: la tracción del cable correspondiente al vano ideal de regulación para la flecha considerada (máxima o mínima), en daN.



- $p_2$ : peso aparente del cable, en daN/m.
- $Y$ : parámetro de la catenaria.

También se comprueba que las tracciones correspondientes al CHS ( $-5^{\circ}\text{C}$ ) y al EDS ( $+15^{\circ}\text{C}$ ), no superan el porcentaje de la carga de rotura fijado previamente.

A continuación se encuentran las tablas que muestran los cálculos explicados desde el apartado 1.10.2 hasta el 1.10.5 para distintas longitudes de vanos donde  $T$  es la tensión horizontal en daN y  $F$  es la flecha en cm:

(-15°C)				75°C		15°C + V		(-5°C + V)		0°C + H		(-15°C + H)		CHS a -5°C		EDS a 15°C		T. MÁXIMA		PARÁMETRO	
T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	%	T	%	T. MÁXIMA	CS	Fmáx	Fmín
1489	55	416	198	1139	124	1449	97	1496	121	1697	76	1275	23,2	908	16,5	1697	3,3	683	2441		
1418	88	477	262	1193	179	1462	146	1552	177	1708	81	1224	22,3	908	16,5	1708	3,2	782	2324		
1363	119	516	315	1228	227	1470	189	1591	225	1715	85	1187	21,6	908	16,5	1715	3,2	846	2234		
1283	179	568	404	1270	310	1482	265	1644	308	1721	91	1136	20,7	908	16,5	1721	3,2	932	2104		
1242	220	594	460	1298	361	1488	314	1670	361	1735	97	1111	20,2	908	16,5	1735	3,2	975	2036		
1236	227	599	469	1298	371	1489	323	1674	370	1737	101	1107	20,1	908	16,5	1737	3,2	981	2026		
1209	260	615	511	1312	410	1493	361	1692	410	1744	104	1091	19,8	908	16,5	1744	3,2	1009	1982		
1206	264	617	516	1317	414	1494	365	1694	415	1771	155	1089	19,8	908	16,5	1771	3,1	1012	1978		
1205	266	618	519	1319	416	1494	367	1693	417	1790	200	1088	19,8	908	16,5	1790	3,1	1013	1975		
1158	342	648	611	1344	505	1498	453	1728	505	1817	278	1061	19,3	908	16,5	1817	3,1	1063	1899		
1146	368	657	641	1351	534	1504	479	1733	535	1831	329	1051	19,1	908	16,5	1831	3,1	1077	1878		
1124	410	669	688	1362	579	1507	523	1749	580	1833	338	1040	18,9	908	16,5	1833	3,0	1097	1843		
1093	499	692	789	1381	676	1511	618	1772	679	1842	376	1024	18,6	908	16,5	1842	3,0	1134	1792		
1056	667	724	974	1408	857	1518	795	1805	860	1843	381	1000	18,2	908	16,5	1843	3,0	1187	1731		
1036	787	741	1101	1422	981	1522	917	1823	985	1844	383	989	18,0	908	16,5	1844	3,0	1214	1699		
1027	858	749	1176	1430	1056	1523	990	1833	1060	1847	1011	983	17,9	908	16,5	1847	3,0	1229	1684		
1026	870	751	1188	1431	1067	1524	1002	1834	1071	1848	1021	982	17,9	908	16,5	1848	3,0	1231	1681		
1013	986	763	1310	1441	1187	1526	1121	1847	1192	1851	1125	974	17,7	908	16,5	1851	3,0	1251	1661		
988	1322	789	1657	1462	1531	1532	1461	1855	1514	1862	1466	959	17,4	908	16,5	1862	3,0	1293	1620		

Tabla 22. Cálculo mecánico de conductores del LA-175 OSTRICH

Vano (m)	(-15°C)		75°C		15°C + V		(-5°C + V)		0°C + H		(-15°C +		CHS a -5°C		EDS a 15°C		T. MÁXIMA		PARÁMETRO	
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	%	T	%	T. MÁXIMA	CS	Fmáx	Fmín
104	1607	56	612	148	1259	119	1590	94	1626	113	1900	96	1372	15,2	985	10,9	1900	4,7	913	2399
128	1493	92	668	206	1306	174	1584	143	1666	166	1900	146	1292	14,4	976	10,8	1900	4,7	996	2229
146	1412	126	702	254	1337	221	1581	187	1692	213	1900	190	1238	13,8	971	10,8	1900	4,7	1047	2108
173,5	1305	193	744	339	1374	304	1576	265	1726	295	1900	268	1170	13,0	964	10,7	1900	4,7	1110	1947
189,3	1254	239	764	393	1392	357	1569	316	1746	348	1900	319	1140	12,7	961	10,7	1900	4,7	1140	1872
191,9	1247	248	767	402	1395	366	1576	324	1746	357	1900	328	1135	12,6	961	10,7	1900	4,7	1145	1861
203,1	1216	284	779	444	1406	407	1569	364	1756	398	1900	368	1118	12,4	959	10,7	1900	4,7	1163	1816
204,4	1213	289	781	449	1407	412	1568	369	1756	403	1900	372	1111	12,3	959	10,7	1900	4,7	1165	1810
205,1	1211	291	781	451	1408	414	1574	370	1756	405	1900	375	1110	12,3	959	10,7	1900	4,7	1166	1807
228	1162	375	802	543	1427	505	1570	459	1775	496	1900	463	1083	12,0	956	10,6	1900	4,7	1198	1734
235	1149	402	808	572	1432	534	1569	488	1780	525	1900	492	1075	11,9	955	10,6	1900	4,7	1206	1715
245,8	1131	447	816	620	1440	581	1568	534	1787	572	1900	538	1064	11,8	954	10,6	1900	4,7	1218	1689
267,5	1101	544	831	721	1453	682	1567	633	1800	673	1900	638	1046	11,6	952	10,6	1900	4,7	1240	1644
304	1065	727	850	910	1471	870	1564	818	1817	861	1900	823	1022	11,4	950	10,6	1900	4,7	1269	1589
327	1047	855	860	1041	1481	1001	1563	948	1826	991	1900	952	1011	11,2	949	10,5	1900	4,7	1284	1563
340	1039	932	865	1119	1485	1078	1563	1025	1831	1069	1900	1030	1006	11,2	948	10,5	1900	4,7	1291	1551
342	1038	944	866	1131	1486	1091	1563	1037	1831	1081	1900	1042	1005	11,2	948	10,5	1900	4,7	1292	1549
362	1027	1069	873	1258	1492	1217	1562	1162	1837	1207	1900	1167	998	11,1	947	10,5	1900	4,7	1302	1533
414	1006	1427	886	1619	1505	1578	1561	1521	1850	1568	1900	1527	985	10,9	946	10,5	1900	4,7	1323	1502

Tabla 23. Cálculo mecánico de conductores del OPGW

### 1.10.6 Vano ideal de regulación.

Como en una línea constituida por una serie de apoyos de suspensión, limitados por dos de anclaje, las cadenas de aisladores no pueden absorber las diferencias de tensión debidas a las diferentes longitudes de los vanos, a los desniveles, a las variaciones de temperatura y a las condiciones meteorológicas en general, se admite que los tensados de los cables, iguales en todos los vanos, varían como lo haría un único vano imaginario llamado ‘vano ideal de regulación’, cuya expresión se suele formular así:

$$v_r = \sqrt{\frac{\sum_1^n a^3}{\sum_1^n a}}$$

Siendo:

- $v_r$ : el vano ideal de regulación.
- $a$ : la longitud de cada uno de los vanos del cantón en cuestión.
- $n$ : el número de vanos del cantón.

Con los vanos ideales de regulación correspondientes a cada cantón procedemos a determinar las tablas de tendido o tablas de regulación.

### 1.10.7 Tablas de tendido y parámetros de replanteo.

Las tablas de regulación o tendido indican las flechas con las que se debe ser instalado el cable en función de la temperatura, sin actuar sobrecarga alguna y teniendo en cuenta el desnivel existente entre los puntos de sujeción del cable en los extremos del vano que se trate, dentro del cantón considerado.

Conocido el vano ideal de regulación del cantón que corresponda, mediante la ecuación de cambio de condiciones, determinamos la tracción a intervalos de 2,5°C desde los 0°C hasta los 40°C sin sobrecarga. Conocida la tracción, determinamos la flecha que corresponde a cada uno de los vanos que forman el cantón, mediante la expresión:

$$f = \frac{T_{ma}}{p_1} \cdot \left( \cosh \left( \frac{a \cdot p_1}{2 \cdot T_{ma}} \right) - 1 \right) \quad (m)$$

Siendo:

- $T_{ma}$ : la tracción del cable en el punto medio del vano ‘a’, en daN.
- $p_1$ : el peso propio del cable o peso aparente, en daN/m.
- $a$ : el vano en planta, en m.

Los valores que se obtienen por cantones y tipo de conductor se muestran en las





# TABLAS DE TENDIDO DEL CONDUCTOR Y DEL CABLE DE COMUNICACIÓN.

Los valores obtenidos por cantones y tipo de conductor se resumen en las TABLAS DE ORGANIZACIÓN DE TENDIDO Y PARÁMETRO DE REPLANTEO.

## TABLAS DE TENDIDO DEL CONDUCTOR Y DEL CABLE DE COMUNICACIÓN.

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 146
		DV = -13,6
5,0	1035	1,577
7,5	1000,8	1,631
10,0	968,2	1,686
12,5	937,1	1,742
15,0	907,5	1,799
17,5	879,4	1,856
20,0	852,8	1,914
22,5	827,5	1,973
25,0	803,8	2,031
27,5	781,8	2,088
30,0	760,7	2,146
32,5	739,7	2,207
35,0	719,9	2,268
37,5	701,6	2,326
40,0	684,4	2,385

Tabla 24a. Conductor LA – 175. Cantón 1. V.I.R. =146 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN



TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)					
		LV = 217	LV = 214	LV = 213	LV = 218	LV = 180	LV = 174
		DV = 37	DV = 4,2	DV = 2,8	DV = 7	DV = 1	DV = 3,1
5,0	990,9	3,676	3,525	3,491	3,659	2,493	2,33
7,5	969,5	3,757	3,602	3,568	3,739	2,548	2,381
10,0	945,0	3,855	3,696	3,661	3,836	2,614	2,443
12,5	927,7	3,927	3,765	3,729	3,908	2,663	2,489
15,0	907,7	4,013	3,848	3,811	3,994	2,722	2,544
17,5	889,1	4,097	3,928	3,891	4,078	2,779	2,597
20,0	871,3	4,181	4,009	3,971	4,161	2,836	2,65
22,5	854,3	4,264	4,088	4,05	4,244	2,892	2,703
25,0	838,1	4,346	4,167	4,128	4,326	2,948	2,755
27,5	822,5	4,429	4,246	4,206	4,408	3,004	2,807
30,0	807,6	4,511	4,325	4,284	4,489	3,059	2,859
32,5	793,2	4,592	4,403	4,361	4,571	3,114	2,911
35,0	779,5	4,673	4,481	4,438	4,651	3,169	2,962
37,5	766,3	4,754	4,558	4,515	4,731	3,224	3,013
40,0	753,6	4,834	4,634	4,591	4,811	3,278	3,064

Tabla 24b. Conductor LA – 175. Cantón 2. V.I.R. = 205,08 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966 \text{ daN}$

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 128
		DV = 3,6
5,0	1052,9	1,187
7,5	1014,0	1,232
10,0	976,8	1,279
12,5	941,3	1,328
15,0	907,5	1,377
17,5	875,4	1,428
20,0	845,0	1,479
22,5	816,2	1,531
25,0	789,0	1,584
27,5	763,3	1,637
30,0	739,2	1,691
32,5	716,8	1,743
35,0	693,9	1,801
37,5	672,8	1,858
40,0	655,7	1,906

Tabla 24c. Conductor LA – 175. Cantón 3. V.I.R. = 128 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966 \text{ daN}$

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)		
		LV = 174	LV = 182	LV = 163
		DV = -3,4	DV = 4,2	DV = -4,6
5,0	1011,5	2,283	2,498	2,004
7,5	983,6	2,347	2,568	2,060
10,0	957,0	2,413	2,640	2,118
12,5	931,7	2,478	2,711	2,175
15,0	907,4	2,545	2,784	2,233
17,5	881,9	2,618	2,865	2,298
20,0	863,4	2,674	2,926	2,347
22,5	839,8	2,750	3,008	2,413
25,0	818,8	2,820	3,085	2,475
27,5	802,7	2,877	3,147	2,525
30,0	784,8	2,942	3,219	2,582
32,5	767,7	3,008	3,291	2,640
35,0	751,3	3,073	3,363	2,698
37,5	735,7	3,138	3,434	2,755
40,0	720,8	3,203	3,505	2,812

Tabla 24d. Conductor LA – 175. Cantón 4. V.I.R. = 173,52 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)	
		LV = 215	LV = 268
		DV = 6,6	DV = -7,4
5,0	970,0	3,64	5,65
7,5	953,5	3,70	5,75
10,0	937,6	3,76	5,84
12,5	922,3	3,82	5,94
15,0	907,5	3,89	6,04
17,5	893,3	3,95	6,13
20,0	879,6	4,01	6,23
22,5	866,3	4,07	6,32
25,0	853,6	4,13	6,42
27,5	841,2	4,19	6,51
30,0	829,3	4,25	6,61
32,5	817,8	4,31	6,70
35,0	806,7	4,37	6,79
37,5	796,0	4,43	6,88
40,0	785,6	4,49	6,97

Tabla 24e. Conductor LA – 175. Cantón 5. V.I.R. = 245,82 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)		
		LV = 174	LV = 244	LV = 167
		DV = 4,8	DV = 3,9	DV = 3
5	990,2	2,332	4,59	2,15
7,5	967,0	2,388	4,70	2,20
10	949,1	2,433	4,78	2,24
12,5	925,3	2,496	4,91	2,30
15	907,2	2,546	5,00	2,34
17,5	889,0	2,598	5,11	2,39
20	871,2	2,651	5,21	2,44
22,5	854,1	2,704	5,32	2,49
25	837,8	2,756	5,42	2,54
27,5	822,2	2,809	5,52	2,59
30	807,2	2,861	5,63	2,64
32,5	792,8	2,913	5,73	2,68
35	779,0	2,965	5,83	2,73
37,5	765,7	3,016	5,93	2,78
40	753,0	3,067	6,03	2,82

Tabla 24f. Conductor LA – 175. Cantón 6. V.I.R. = 204,45 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 414
		DV = 13,2
5,0	932,4	14,02
7,5	926,0	14,12
10,0	919,7	14,22
12,5	913,6	14,31
15,0	907,5	14,41
17,5	901,5	14,50
20,0	895,7	14,60
22,5	890,0	14,69
25,0	884,3	14,79
27,5	878,8	14,88
30,0	873,3	14,97
32,5	867,9	15,07
35,0	862,7	15,16
37,5	857,5	15,25
40,0	852,4	15,34

Tabla 24g. Conductor LA – 175. Cantón 7. V.I.R. = 414 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 362
		DV = 9,5
5,0	939,4	10,64
7,5	931,2	10,73
10,0	923,1	10,83
12,5	915,2	10,92
15,0	907,5	11,01
17,5	900,0	11,11
20,0	892,6	11,20
22,5	885,3	11,29
25,0	878,3	11,38
27,5	871,3	11,47
30,0	864,6	11,56
32,5	857,9	11,65
35,0	851,4	11,74
37,5	845,0	11,83
40,0	838,8	11,92

Tabla 24h. Conductor LA – 175. Cantón 8. V.I.R. = 362 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)	
		LV = 270	LV = 265
		DV = -2,6	DV = 8,1
5,0	961,9	5,78	5,57
7,5	947,6	5,87	5,65
10,0	933,8	5,95	5,74
12,5	920,4	6,04	5,82
15,0	907,5	6,13	5,90
17,5	895,0	6,21	5,99
20,0	882,9	6,30	6,07
22,5	871,3	6,38	6,15
25,0	860,0	6,46	6,23
27,5	849,0	6,55	6,31
30,0	838,4	6,63	6,39
32,5	828,1	6,71	6,47
35,0	818,1	6,80	6,55
37,5	808,4	6,88	6,63
40,0	799,0	6,96	6,70

Tabla 24i. Conductor LA – 175. Cantón 9. V.I.R. = 267,54 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)	
		LV = 218	LV = 184
		DV = 10,8	DV = -11,7
5,0	991,6	3,66	2,61
7,5	966,5	3,75	2,68
10,0	946,5	3,83	2,73
12,5	928,6	3,91	2,79
15,0	907,9	4,00	2,85
17,5	888,8	4,08	2,91
20,0	870,8	4,17	2,97
22,5	853,7	4,25	3,03
25,0	837,2	4,33	3,09
27,5	821,4	4,42	3,15
30,0	806,3	4,50	3,21
32,5	791,9	4,58	3,27
35,0	778,0	4,66	3,33
37,5	764,6	4,75	3,38
40,0	751,8	4,83	3,44

Tabla 24j. Conductor LA – 175. Cantón 10. V.I.R. = 203,15 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 414
		DV = -9,7
5,0	932,4	14,02
7,5	926,0	14,12
10,0	919,7	14,21
12,5	913,6	14,31
15,0	907,5	14,41
17,5	901,5	14,50
20,0	895,7	14,59
22,5	890,0	14,69
25,0	884,3	14,78
27,5	878,8	14,88
30,0	873,3	14,97
32,5	867,9	15,06
35,0	862,7	15,15
37,5	857,5	15,25
40,0	852,4	15,34

Tabla 24k. Conductor LA – 175. Cantón 11. V.I.R. = 414 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 104
		DV = -6,7
5,0	1079,0	0,77
7,5	1033,6	0,80
10,0	989,8	0,84
12,5	947,7	0,87
15,0	907,5	0,91
17,5	869,2	0,95
20,0	832,8	0,99
22,5	798,4	1,04
25,0	766,0	1,08
27,5	735,4	1,12
30,0	706,8	1,17
32,5	680,0	1,22
35,0	654,8	1,26
37,5	631,6	1,31
40,0	610,4	1,35

Tabla 24l. Conductor LA – 175. Cantón 12. V.I.R. = 104 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 342
		DV = -35
5,0	942,9	9,51
7,5	933,7	9,60
10,0	924,8	9,69
12,5	916,0	9,79
15,0	907,5	9,88
17,5	899,2	9,97
20,0	891,0	10,06
22,5	883,1	10,15
25,0	875,3	10,24
27,5	867,8	10,33
30,0	860,4	10,42
32,5	853,1	10,51
35,0	846,0	10,60
37,5	839,1	10,68
40,0	832,3	10,77

Tabla 24m. Conductor LA – 175. Cantón 13. V.I.R. = 342 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 340
		DV = -30,9
5,0	943,3	9,38
7,5	934,0	9,48
10,0	924,9	9,57
12,5	916,1	9,66
15,0	907,5	9,75
17,5	899,1	9,84
20,0	890,9	9,94
22,5	882,9	10,03
25,0	875,0	10,12
27,5	867,4	10,20
30,0	859,9	10,29
32,5	852,6	10,38
35,0	845,4	10,47
37,5	838,5	10,56
40,0	831,6	10,64

Tabla 24n. Conductor LA – 175. Cantón 14. V.I.R. = 340 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966 \text{ daN}$

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 235
		DV = -4,4
5,0	974,5	4,32
7,5	956,9	4,40
10,0	939,7	4,48
12,5	923,3	4,56
15,0	907,5	4,64
17,5	892,3	4,72
20,0	877,6	4,80
22,5	863,5	4,88
25,0	849,9	4,96
27,5	836,9	5,03
30,0	824,2	5,11
32,5	812,1	5,19
35,0	800,3	5,26
37,5	789,0	5,34
40,0	778,0	5,41

Tabla 24ñ. Conductor LA – 175. Cantón 15. V.I.R. = 235 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966 \text{ daN}$



TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 327
		DV = 40,9
5,0	945,9	8,69
7,5	935,9	8,78
10,0	926,2	8,87
12,5	916,7	8,96
15,0	907,5	9,05
17,5	898,5	9,15
20,0	889,8	9,24
22,5	881,2	9,33
25,0	872,9	9,41
27,5	864,7	9,50
30,0	856,8	9,59
32,5	849,1	9,68
35,0	841,5	9,77
37,5	834,1	9,85
40,0	826,9	9,94

Tabla 24o. Conductor LA – 175. Cantón 16. V.I.R. = 327 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)	
		LV = 175	LV = 201
		DV = 11,2	DV = 30,9
5,0	1000,1	2,34	3,12
7,5	975,4	2,40	3,20
10,0	951,8	2,46	3,28
12,5	927,3	2,52	3,36
15,0	906,5	2,58	3,44
17,5	885,2	2,64	3,52
20,0	866,4	2,70	3,60
22,5	848,5	2,76	3,67
25,0	830,5	2,82	3,75
27,5	813,4	2,88	3,83
30,0	797,0	2,94	3,91
32,5	781,3	3,00	3,99
35,0	766,4	3,05	4,07
37,5	752,0	3,11	4,15
40,0	738,3	3,17	4,22

Tabla 24p. Conductor LA – 175. Cantón 17. V.I.R. = 189,34 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)				
		LV = 203	LV = 203	LV = 182	LV = 182	LV = 186
		DV = 6	DV = -1,8	DV = 9,7	DV = 5	DV = 5,7
5,0	998,3	3,15	3,15	2,53	2,53	2,64
7,5	974,0	3,23	3,23	2,60	2,59	2,71
10,0	951,2	3,31	3,30	2,66	2,66	2,78
12,5	929,9	3,38	3,38	2,72	2,72	2,84
15,0	908,6	3,46	3,46	2,78	2,78	2,90
17,5	884,9	3,55	3,55	2,86	2,86	2,98
20,0	867,7	3,62	3,62	2,92	2,91	3,04
22,5	849,5	3,70	3,70	2,98	2,97	3,11
25,0	831,8	3,78	3,78	3,04	3,04	3,17
27,5	815,0	3,86	3,86	3,10	3,10	3,24
30,0	798,8	3,94	3,93	3,17	3,16	3,30
32,5	783,4	4,01	4,01	3,23	3,23	3,37
35,0	768,6	4,09	4,09	3,29	3,29	3,43
37,5	754,5	4,17	4,17	3,35	3,35	3,50
40,0	741,0	4,24	4,24	3,41	3,41	3,56

Tabla 24q. Conductor LA – 175. Cantón 18. V.I.R. = 191,95 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 228
		DV = -20,3
5,0	977,9	4,07
7,5	959,0	4,15
10,0	941,3	4,23
12,5	924,0	4,31
15,0	907,5	4,39
17,5	891,6	4,46
20,0	876,3	4,54
22,5	861,6	4,62
25,0	847,4	4,70
27,5	833,8	4,77
30,0	820,7	4,85
32,5	808,0	4,93
35,0	795,9	5,00
37,5	784,1	5,08
40,0	772,8	5,15

Tabla 24r. Conductor LA – 175. Cantón 19. V.I.R. = 228 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 304
		DV = -29,6
5,0	951,2	7,44
7,5	939,8	7,53
10,0	928,7	7,62
12,5	917,9	7,71
15,0	907,5	7,80
17,5	897,3	7,89
20,0	887,5	7,98
22,5	877,9	8,07
25,0	868,5	8,15
27,5	859,4	8,24
30,0	850,6	8,32
32,5	842,0	8,41
35,0	833,6	8,49
37,5	825,4	8,58
40,0	817,4	8,66

Tabla 24s. Conductor LA – 175. Cantón 20. V.I.R. = 304 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1966$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 146
		DV = -13,6
5,0	1091,2	1,64
7,5	1058,8	1,69
10,0	1028,0	1,74
12,5	998,7	1,80
15,0	970,8	1,85
17,5	941,8	1,90
20,0	921,3	1,95
22,5	894,6	2,00
25,0	872,8	2,05
27,5	852,1	2,10
30,0	831,7	2,16
32,5	812,5	2,21
35,0	794,2	2,26
37,5	776,9	2,31
40,0	760,4	2,36

Tabla 25a. Conductor OPGW 48F. Cantón 1. V.I.R. = 146 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900$  daN



TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)					
		LV = 217	LV = 214	LV = 213	LV = 218	LV = 180	LV = 174
		DV = 37	DV = 4,2	DV = 2,8	DV = 7	DV = 1	DV = 3,1
5,0	1029,7	3,89	3,73	3,69	3,87	2,64	2,46
7,5	1010,9	3,96	3,80	3,76	3,94	2,68	2,51
10,0	992,8	4,03	3,86	3,83	4,01	2,73	2,55
12,5	975,5	4,10	3,93	3,90	4,08	2,78	2,60
15,0	958,9	4,17	4,00	3,96	4,15	2,83	2,65
17,5	942,9	4,24	4,07	4,03	4,22	2,88	2,69
20,0	927,5	4,31	4,14	4,10	4,29	2,93	2,73
22,5	912,7	4,38	4,20	4,16	4,36	2,97	2,78
25,0	898,5	4,45	4,27	4,23	4,43	3,02	2,82
27,5	884,8	4,52	4,34	4,30	4,50	3,07	2,87
30,0	871,5	4,59	4,40	4,36	4,57	3,11	2,91
32,5	858,8	4,66	4,47	4,43	4,64	3,16	2,95
35,0	846,5	4,73	4,53	4,49	4,70	3,21	3,00
37,5	834,7	4,79	4,60	4,55	4,77	3,25	3,04
40,0	823,2	4,86	4,66	4,62	4,84	3,30	3,08

Tabla 25b. Conductor OPGW 48F. Cantón 2. V.I.R. = 205,08 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900 \text{ daN}$

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 128
		DV = 3,6
5,0	1118,9	1,23
7,5	1080,5	1,27
10,0	1043,9	1,32
12,5	1009,3	1,36
15,0	976,4	1,41
17,5	945,3	1,45
20,0	915,9	1,50
22,5	887,9	1,55
25,0	860,5	1,60
27,5	838,6	1,64
30,0	811,3	1,69
32,5	791,8	1,73
35,0	770,9	1,78
37,5	751,2	1,83
40,0	732,6	1,87

Tabla 25c. Conductor OPGW 48F. Cantón 3. V.I.R. = 128 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900 \text{ daN}$

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)		
		LV = 174	LV = 182	LV = 163
		DV = -3,4	DV = -4,2	DV = -4,6
5,0	1058,3	2,40	2,62	2,10
7,5	1033,5	2,45	2,69	2,15
10,0	1009,2	2,51	2,75	2,21
12,5	986,3	2,57	2,81	2,26
15,0	964,3	2,63	2,88	2,31
17,5	943,7	2,69	2,94	2,36
20,0	923,9	2,75	3,00	2,41
22,5	905,0	2,80	3,07	2,46
25,0	887,0	2,86	3,13	2,51
27,5	869,8	2,92	3,19	2,56
30,0	853,3	2,97	3,25	2,61
32,5	837,5	3,03	3,31	2,66
35,0	822,4	3,08	3,37	2,71
37,5	808,0	3,14	3,43	2,76
40,0	794,1	3,19	3,49	2,80

Tabla 25d. Conductor OPGW 48F. Cantón 4. V.I.R. = 173,52 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)	
		LV = 215	LV = 268
		DV = 6,6	DV = -7,4
5,0	1005,4	3,85	5,99
7,5	991,9	3,91	6,07
10,0	978,9	3,96	6,15
12,5	966,3	4,01	6,23
15,0	954,1	4,06	6,31
17,5	942,2	4,11	6,39
20,0	930,7	4,16	6,47
22,5	919,6	4,21	6,54
25,0	908,8	4,26	6,62
27,5	898,3	4,31	6,70
30,0	888,2	4,36	6,78
32,5	878,3	4,41	6,85
35,0	868,7	4,46	6,93
37,5	859,4	4,51	7,00
40,0	850,3	4,56	7,08

Tabla 25e. Conductor OPGW 48F. Cantón 5. V.I.R. = 245,82 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)		
		LV = 174	LV = 244	LV = 167
		DV = 4,8	DV = 3,9	DV = 3
5,0	1030,1	2,46	4,84	2,27
7,5	1011,2	2,51	4,93	2,31
10,0	993,1	2,55	5,02	2,35
12,5	975,7	2,60	5,11	2,39
15,0	959,0	2,65	5,20	2,44
17,5	942,9	2,69	5,29	2,48
20,0	927,4	2,74	5,38	2,52
22,5	912,6	2,78	5,47	2,56
25,0	898,3	2,82	5,55	2,60
27,5	884,5	2,87	5,64	2,64
30,0	871,2	2,91	5,72	2,68
32,5	858,4	2,96	5,81	2,72
35,0	846,1	3,00	5,89	2,76
37,5	834,2	3,04	5,98	2,80
40,0	822,7	3,08	6,06	2,84

Tabla 25f. Conductor OPGW 48F. Cantón 6. V.I.R. = 204,45 m.  $Th_{máx} = 1900$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 414
		DV = 13,2
5,0	964,7	14,89
7,5	959,8	14,96
10,0	955,0	15,04
12,5	950,3	15,11
15,0	945,6	15,19
17,5	941,0	15,26
20,0	936,5	15,34
22,5	932,0	15,41
25,0	927,6	15,48
27,5	923,2	15,56
30,0	918,9	15,63
32,5	914,7	15,70
35,0	910,5	15,77
37,5	906,4	15,85
40,0	902,3	15,92

Tabla 25g. Conductor OPGW 48F. Cantón 7. V.I.R. = 414 m.  $Th_{máx} = 1900$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 362
		DV = 9,5
5,0	971,9	11,30
7,5	965,5	11,37
10,0	959,3	11,45
12,5	953,2	11,52
15,0	947,2	11,59
17,5	941,2	11,66
20,0	935,4	11,74
22,5	929,7	11,81
25,0	924,1	11,88
27,5	918,6	11,95
30,0	913,1	12,02
32,5	907,8	12,09
35,0	902,5	12,17
37,5	897,3	12,24
40,0	892,2	12,31

Tabla 25h. Conductor OPGW 48F. Cantón 8. V.I.R. = 362 m.  $Th_{máx} = 1900$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)	
		LV = 270	LV = 265
		DV = -2,6	DV = 8,1
5,0	996,1	6,13	5,91
7,5	984,7	6,20	5,98
10,0	973,5	6,27	6,04
12,5	962,7	6,34	6,11
15,0	952,2	6,41	6,18
17,5	942,0	6,48	6,25
20,0	932,0	6,55	6,31
22,5	922,3	6,62	6,38
25,0	912,9	6,69	6,45
27,5	903,7	6,76	6,51
30,0	894,8	6,82	6,58
32,5	886,1	6,89	6,64
35,0	877,6	6,96	6,71
37,5	869,3	7,02	6,77
40,0	861,3	7,09	6,83

Tabla 25i. Conductor OPGW 48F. Cantón 9. V.I.R. = 267,64 m.  $Th_{máx} = 1900$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)	
		LV = 218	LV = 184
		DV = 10,8	DV = -11,7
5,0	1031,1	3,87	2,76
7,5	1012,0	3,94	2,81
10,0	993,7	4,01	2,86
12,5	976,1	4,08	2,91
15,0	959,2	4,16	2,96
17,5	942,9	4,23	3,01
20,0	927,3	4,30	3,06
22,5	912,3	4,37	3,11
25,0	897,9	4,44	3,16
27,5	884,0	4,51	3,21
30,0	870,6	4,58	3,26
32,5	857,7	4,65	3,31
35,0	845,2	4,72	3,36
37,5	833,3	4,78	3,41
40,0	821,7	4,85	3,46

Tabla 25j. Conductor OPGW 48F. Cantón 10. V.I.R. = 203,15 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 414
		DV = -9,7
5,0	964,7	14,89
7,5	959,8	14,96
10,0	955,0	15,04
12,5	950,3	15,11
15,0	945,6	15,18
17,5	941,0	15,26
20,0	936,5	15,33
22,5	932,0	15,41
25,0	927,6	15,48
27,5	923,2	15,55
30,0	918,9	15,63
32,5	914,7	15,70
35,0	910,5	15,77
37,5	906,4	15,84
40,0	902,3	15,91

Tabla 25k. Conductor OPGW 48F. Cantón 11. V.I.R. = 414 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900$  daN



TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 104
		DV = -6,7
5,0	1162,9	0,78
7,5	1115,3	0,81
10,0	1069,9	0,85
12,5	1026,6	0,88
15,0	985,5	0,92
17,5	946,6	0,96
20,0	909,8	1,00
22,5	875,2	1,04
25,0	842,7	1,08
27,5	812,2	1,12
30,0	783,8	1,16
32,5	754,7	1,20
35,0	732,9	1,24
37,5	708,9	1,28
40,0	686,3	1,32

Tabla 25l. Conductor OPGW 48F. Cantón 12. V.I.R. = 104 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 342
		DV = -35
5,0	975,5	10,09
7,5	968,4	10,17
10,0	961,5	10,24
12,5	954,6	10,32
15,0	947,9	10,39
17,5	941,4	10,46
20,0	934,9	10,53
22,5	928,6	10,61
25,0	922,4	10,68
27,5	916,3	10,75
30,0	910,3	10,82
32,5	904,4	10,89
35,0	898,6	10,96
37,5	892,9	11,03
40,0	887,3	11,10

Tabla 25m. Conductor OPGW 48F. Cantón 13. V.I.R. = 342 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 340
		DV = -30,9
5,0	975,9	9,96
7,5	968,7	10,04
10,0	961,7	10,11
12,5	954,8	10,18
15,0	948,0	10,26
17,5	941,4	10,33
20,0	934,8	10,40
22,5	928,5	10,47
25,0	922,2	10,54
27,5	916,0	10,61
30,0	910,0	10,68
32,5	904,0	10,75
35,0	898,2	10,82
37,5	892,4	10,89
40,0	886,8	10,96

Tabla 25n. Conductor OPGW 48F. Cantón 14. V.I.R. = 340 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 235
		DV = -4,4
5,0	1010,8	4,58
7,5	996,2	4,64
10,0	982,0	4,71
12,5	968,4	4,78
15,0	955,1	4,84
17,5	942,4	4,91
20,0	930,0	4,97
22,5	918,0	5,04
25,0	906,4	5,10
27,5	895,2	5,17
30,0	884,3	5,23
32,5	873,8	5,29
35,0	863,6	5,36
37,5	853,6	5,42
40,0	844,0	5,48

Tabla 25ñ. Conductor OPGW 48F. Cantón 15. V.I.R. = 235 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 327
		DV = 40,9
5,0	978,7	9,22
7,5	970,9	9,30
10,0	963,3	9,37
12,5	955,9	9,44
15,0	948,6	9,52
17,5	941,4	9,59
20,0	934,5	9,66
22,5	927,6	9,73
25,0	920,9	9,80
27,5	914,3	9,87
30,0	907,8	9,94
32,5	901,5	10,01
35,0	895,3	10,08
37,5	889,2	10,15
40,0	883,2	10,22

Tabla 25o. Conductor OPGW 48F. Cantón 16. V.I.R. = 327 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)	
		LV = 175	LV = 201
		DV = 11,2	DV = 30,9
5,0	1041,9	2,47	3,29
7,5	1020,6	2,52	3,36
10,0	1000,0	2,57	3,42
12,5	980,3	2,62	3,49
15,0	961,4	2,67	3,56
17,5	943,2	2,73	3,63
20,0	925,8	2,78	3,70
22,5	909,2	2,83	3,77
25,0	893,2	2,88	3,83
27,5	877,9	2,93	3,90
30,0	863,2	2,98	3,97
32,5	849,0	3,03	4,03
35,0	835,4	3,08	4,10
37,5	822,4	3,13	4,16
40,0	809,8	3,17	4,23

Tabla 25p. Conductor OPGW 48F. Cantón 17. V.I.R. = 189,34 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)				
		LV = 203	LV = 203	LV = 182	LV = 182	LV = 186
		DV = 6	DV = -1,8	DV = 9,7	DV = 5	DV = 5,7
5,0	1040,2	3,32	3,32	2,67	2,67	2,79
7,5	1018,9	3,39	3,39	2,73	2,72	2,85
10,0	998,8	3,46	3,46	2,78	2,78	2,90
12,5	979,4	3,53	3,52	2,84	2,83	2,96
15,0	960,9	3,59	3,59	2,89	2,89	3,02
17,5	943,2	3,66	3,66	2,95	2,94	3,07
20,0	926,1	3,73	3,73	3,00	3,00	3,13
22,5	909,8	3,80	3,79	3,05	3,05	3,19
25,0	894,1	3,86	3,86	3,11	3,10	3,24
27,5	879,1	3,93	3,93	3,16	3,16	3,30
30,0	864,6	3,99	3,99	3,21	3,21	3,35
32,5	850,7	4,06	4,06	3,27	3,26	3,41
35,0	837,4	4,12	4,12	3,32	3,31	3,46
37,5	824,5	4,19	4,19	3,37	3,37	3,52
40,0	812,2	4,25	4,25	3,42	3,42	3,57

Tabla 25q. Conductor OPGW 48F. Cantón 18. V.I.R. = 191,95 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900$  daN

TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 228
		DV = -20,3
5,0	1014,7	4,31
7,5	999,2	4,37
10,0	984,3	4,44
12,5	969,8	4,51
15,0	955,9	4,57
17,5	942,5	4,64
20,0	929,5	4,70
22,5	916,9	4,77
25,0	904,8	4,83
27,5	893,0	4,90
30,0	881,7	4,96
32,5	870,7	5,02
35,0	860,0	5,08
37,5	849,7	5,14
40,0	839,6	5,21

Tabla 25r. Conductor OPGW 48F. Cantón 19. V.I.R. = 228m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900$  daN



TEMPERATURA (°C)	TENSIÓN HORIZONTAL (daN)	f (m)
		LV = 304
		DV = -29,6
5,0	984,3	7,90
7,5	975,4	7,97
10,0	966,6	8,05
12,5	958,1	8,12
15,0	949,8	8,19
17,5	941,6	8,26
20,0	933,6	8,33
22,5	925,9	8,40
25,0	918,2	8,47
27,5	910,8	8,54
30,0	903,5	8,61
32,5	896,4	8,68
35,0	889,4	8,74
37,5	882,6	8,81
40,0	875,9	8,88

Tabla 25s. Conductor OPGW 48F. Cantón 20. V.I.R. = 304 m.  $Th_{m\acute{a}x} = 1900$  daN



TABLAS DE ORGANIZACIÓN DE TENDIDO Y PARÁMETRO DE REPLANTEO.

NUMERO DE CANTÓN	VANO ENTRE APOYOS	NUMERO DE VANOS	LONGITUD (m)	VANO MEDIO (m)	VANO IDEAL (m)	TENSIONES (daN)		PARAMETRO DE REPLANTEO	
						(-15°C)	50 °C	F.mín	F.máx
1	1 -- 2	1	146	146,0	146,0	1362,9	516,2	2234,3	846,3
2	2 -- 8	6	1216	202,7	205,1	1204,9	618,0	1975,3	1013,1
3	8 -- 9	1	128	128,0	128,0	1417,7	476,8	2324,1	781,6
4	9 -- 12	3	519	173,0	173,5	1283,4	568,4	2103,9	931,8
5	12 -- 14	2	483	241,5	245,8	1123,9	669,2	1842,5	1097,1
6	14 -- 17	3	585	195,0	204,4	1206,3	617,1	1977,6	1011,6
7	17 -- 18	1	414	414,0	414,0	988,3	788,8	1620,2	1293,1
8	18 -- 19	1	362	362,0	362,0	1013,1	762,8	1660,8	1250,5
9	19 -- 21	2	535	267,5	267,5	1092,9	691,8	1791,6	1134,1
10	21 -- 23	2	402	201,0	203,1	1209,2	615,2	1982,4	1008,6
11	23 -- 24	1	414	414,0	414,0	988,3	788,8	1620,2	1293,1
12	24 -- 25	1	104	104,0	104,0	1489,3	416,4	2441,5	682,7
13	25 -- 26	1	342	342,0	342,0	1025,6	750,7	1681,3	1230,7
14	26 -- 27	1	340	340,0	340,0	1027,0	749,4	1683,6	1228,6
15	27 -- 28	1	235	235,0	235,0	1145,7	656,8	1878,2	1076,8
16	28 -- 29	1	327	327,0	327,0	1036,4	740,8	1699,1	1214,4
17	29 -- 31	2	376	188,0	189,3	1242,0	594,5	2036,1	974,6
18	31 -- 36	5	956	191,2	191,9	1235,6	598,5	2025,6	981,2
19	36 -- 37	1	228	228,0	228,0	1158,2	648,4	1898,8	1062,9
20	37 -- 38	1	304	304,0	304,0	1056,0	723,8	1731,2	1186,5

*Tabla 26. Tablas de organización de tendido y parámetro de replanteo del conductor LA-175.*



NUMERO DE CANTÓN	VANO ENTRE APOYOS	NUMERO DE VANOS	LONGITUD (m)	VANO MEDIO (m)	VANO IDEAL (m)	TENSIONES (daN)		PARAMETRO DE REPLANTEO	
						(-15°)	50 °C	F.mín	F.máx
1	1 -- 2	1	146	146,0	146,0	1412,1	701,8	2107,5	1047,4
2	2 -- 8	6	1216	202,7	205,1	1211,0	781,2	1807,3	1165,9
3	8 -- 9	1	128	128,0	128,0	1493,3	667,6	2228,8	996,4
4	9 -- 12	3	519	173,0	173,5	1304,8	744,1	1947,4	1110,5
5	12 -- 14	2	483	241,5	245,8	1131,4	816,4	1688,6	1218,4
6	14 -- 17	3	585	195,0	204,4	1212,9	780,5	1810,2	1164,9
7	17 -- 18	1	414	414,0	414,0	1006,2	886,5	1501,8	1323,0
8	18 -- 19	1	362	362,0	362,0	1027,1	872,6	1533,0	1302,4
9	19 -- 21	2	535	267,5	267,5	1101,5	830,9	1643,9	1240,1
10	21 -- 23	2	402	201,0	203,1	1216,5	779,2	1815,6	1162,9
11	23 -- 24	1	414	414,0	414,0	1006,2	886,5	1501,8	1323,0
12	24 -- 25	1	104	104,0	104,0	1607,4	611,6	2399,0	912,7
13	25 -- 26	1	342	342,0	342,0	1037,9	866,0	1549,0	1292,4
14	26 -- 27	1	340	340,0	340,0	1039,1	865,2	1550,8	1291,3
15	27 -- 28	1	235	235,0	235,0	1149,2	808,2	1715,2	1206,2
16	28 -- 29	1	327	327,0	327,0	1047,3	860,3	1563,1	1284,0
17	29 -- 31	2	376	188,0	189,3	1254,2	764,0	1871,9	1140,2
18	31 -- 36	5	956	191,2	191,9	1246,7	767,0	1860,7	1144,7
19	36 -- 37	1	228	228,0	228,0	1162,0	802,4	1734,3	1197,6
20	37 -- 38	1	304	304,0	304,0	1064,5	850,4	1588,8	1269,2

*Tabla 27. Tablas de organización de tendido y parámetro de replanteo del conductor OPGW-48F.*

### 1.11. AISLAMIENTO Y HERRAJES.

El diseño y formación de las cadenas de aislamiento, así como los elementos que integran las cadenas de aisladores en el presente proyecto será tal que cumplan los requisitos establecidos en el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-07 Apartado 2.3 y 4.4. Asimismo dicho aislamiento será elegido de acuerdo al MT 2.23.49.

Las características eléctricas que han de cumplir se muestran en la siguiente tabla:

Tensión nominal (kV)	66
Tensión más elevada (kV eficaces)	72,5
Tensión soportada a frecuencia industrial (kV eficaces)	140
Tensión de ensayo a impulso tipo rayo (kV cresta)	325

*Tabla 28. Características eléctricas del aislador.*

Las características del aislador seleccionado se muestran en la siguiente tabla:

Denominación	U70AB66
Nivel de tensión (kV)	66
Nivel de polución IEC 60815-3 <sup>1)</sup>	‘c’: medio
Carga de rotura mecánica (daN)	7000
Línea de fuga (mm)	1450
Longitud total (L) $\pm 10$ mm	800
Longitud aislante (La) mínima <sup>2)</sup> mm	590
Masa aproximada (kg)	3
Código	4803031
Momento de torsión (daN·m)	6
Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	165
Tensión soportada con onda de impulso tipo rayo (kV)	380

*Tabla 29. Características del aislador U70AB66.*

1) La línea de fuga se establece s/IEC 60 815-3, en base a considerar los siguientes valores unitarios por kV, de las tensiones más elevadas entre fase-tierra ( $U_m/\sqrt{3}$ ), correspondientes a las nominales fijadas:

- Nivel “c” (polución media) = 34,7 mm/kV.

2) La longitud aislante mínima “La” del aislador se define como la distancia entre metal y metal.

De acuerdo con la carga de rotura asignada al aislador, el mínimo coeficiente de seguridad a la rotura en las cadenas de amarre es el que puede llegar a soportar la máxima tracción de los conductores.



$$Cs_{min} = \frac{\text{carga de rotura del aislador (daN)}}{T_{m\acute{a}x} \text{ del conductor (daN)}} = \frac{7000}{(5500 \div 3)} = 3,81$$

Por lo tanto, el mínimo coeficiente de seguridad para los aisladores es  $3,81 \geq 3$ , el mínimo fijado en el artículo 3.4 del Reglamento ITC-LAT 07.

Según el MT 2.21.56, los herrajes de cadena tanto para el conductor como para el cable de tierra, están fabricados por estampación en caliente de aceros de alta resistencia, que posteriormente reciben un tratamiento para eliminar las tensiones internas y obtener una estructura homogénea. Su acabado es galvanizado por inmersión en caliente. La tornillería es de acero de alta resistencia galvanizado en caliente.

Los diferentes herrajes de las cadenas de aisladores y de los conjuntos para el cable de tierra son de norma N16, con una carga de rotura de 12000 daN, lo que supone un coeficiente de seguridad a las solicitaciones mecánicas de:

Zona B	Conductor	Cable de tierra
	$Cs = 12000/1950 = 6,15$	$Cs = 12000/1900 = 6,32$

*Tabla 30. Coeficientes de seguridad de los herrajes.*

A continuación se representan los esquemas de las cadenas de aisladores según su cometido. Las distancias de tales diseños cumplen con las solicitadas para la protección de la avifauna.

### 1.11.1 Cadenas de suspensión para el LA-175 simplex.

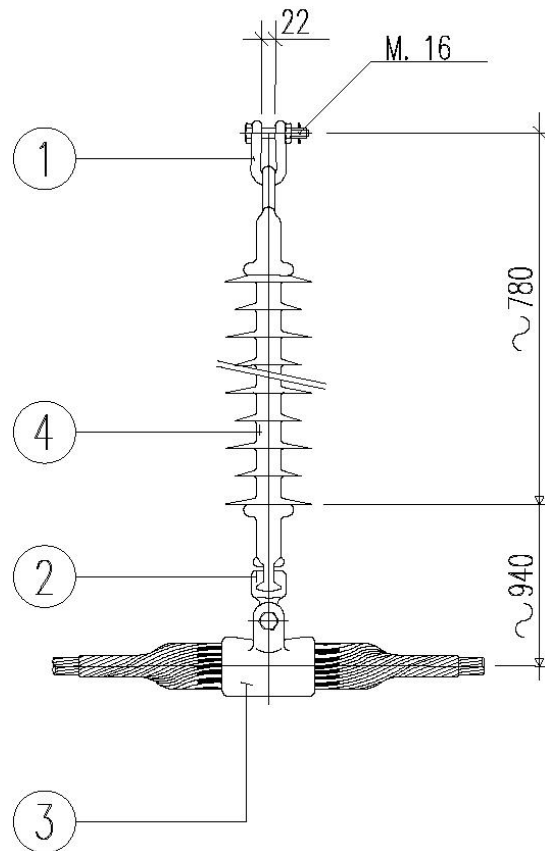


Figura 2. Cadenas de suspensión para el LA-175 simplex.

POS.	DENOMINACIÓN	NI	CANT.	MATERIAL	DESG.
1	GRILLETE NORMAL N-16	52.51.21	1	ACERO	GN16
2	ROTULA CORTA N16	52.54.62	1	ACERO	R16/20
3	GRAPA DE SUSPENSIÓN ARMADA	58.85.02	1	ALEAC. AL.	GSA
4	AISLADOR DE TIRANTE DE COMPOSITE	48.08.01	1	COMPOSITE	U70AB66
CARGA DE ROTURA DE LA GRAPA $\geq 6.000$ daN					
CARGA DE ROTURA MIN. DE LA CADENA (SIN GRAPA) 7000 daN					
NORMA DE APLICACIÓN UNE 21.158					
TODAS LAS PIEZAS CON TORNILLO Y PASADOR					
TODAS LAS DIMENSIONES EN MM.					
CONJUNTO DE HERRAJES C.SSSIC 52.50.023					

Tabla 31. Características cadenas de suspensión para el LA-175 simplex.

### 1.11.2 Cadenas de amarre para el LA-175 simplex.

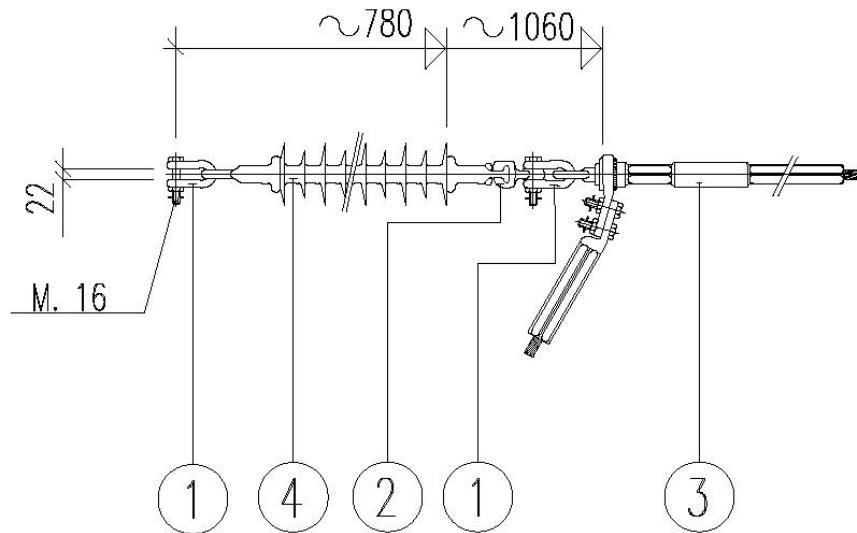


Figura 3. Cadenas de amarre para el LA-175 simplex.

POS.	DENOMINACIÓN	NI	CANT.	MATERIAL	DESG.
1	GRILLETE NORMAL N-16	52.51.21	2	ACERO	GN16
2	ROTULA CORTA N16	52.51.62	1	ACERO	R16/20
3	GRAPA DE AMARRE A COMPRESION	58.52.01	1	ALEAC. AL.	GAC
4	AISLADOR DE TIRANTE DE COMPOSITE	48.08.01	2	COMPOSITE	U70AB66
CARGA DE ROTURA DE LA GRAPA $\geq 6.000$ daN					
CARGA DE ROTURA MIN. DE LA CADENA (SIN GRAPA) 7000 daN					
NORMA DE APLICACIÓN UNE 21.158					
TODAS LAS PIEZAS CON TORNILLO Y PASADOR					
TODAS LAS DIMENSIONES EN MM.					
CONJUNTO DE HERRAJES C.ASSIC 52.50.027					

Tabla 32. Características cadenas de amarre para el LA-175 simplex.

### 1.11.3 Cadenas de suspensión para el cable de tierra/comunicaciones.

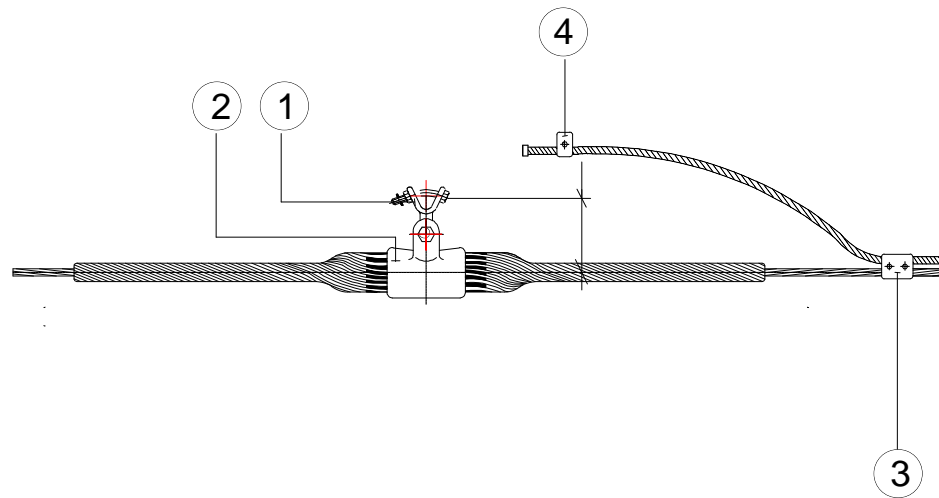


Figura 4. Cadenas de suspensión para el cable de tierra/comunicaciones.

POS.	DENOMINACIÓN	NI	CANT.	MATERIAL	DESG.
1	HORQUILLA REVIRADA EN "V" N16	52.51.45	1	ACERO	HVR16
2	GRAPA SUSPENSIÓN ARMADA	58.85.02	1	ALEACIÓN AL	GSA
3	GRAPA CONEXIÓN PARALELA	58.26.04	1	ALUMINIO	GCPD/A16
4	GRAPA CONEXIÓN SENCILLA	58.26.04	1	ACERO	GCS/S16
CARGA DE ROTURA DE LA GRAPA 7.000 daN					
CARGA DE ROTURA MIN. DEL CONJUNTO 12.000 daN (SIN GRAPA)					
NORMA DE APLICACIÓN UNE 21.158					
TODAS LAS PIEZAS CON TORNILLO Y PASADOR					

Tabla 33. Características cadenas suspensión para el cable de tierra/comunicaciones.

#### 1.11.4 Cadenas de amarre para el cable de tierra/comunicaciones.

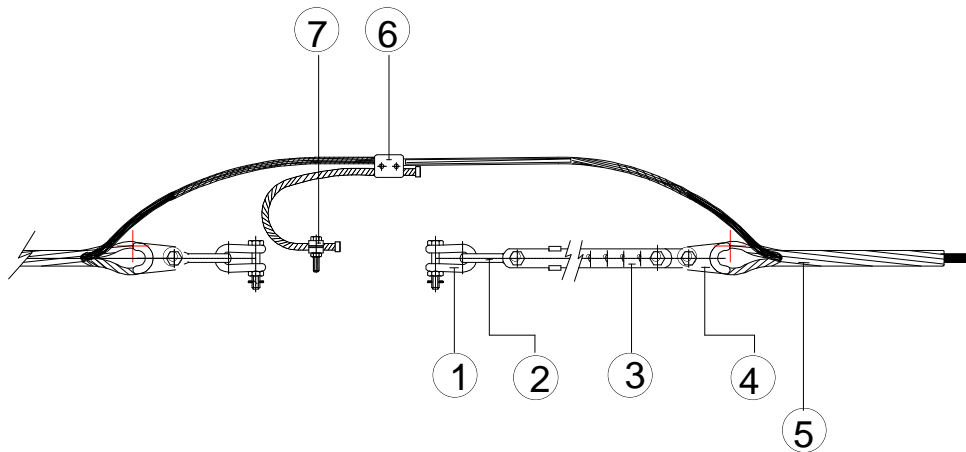


Figura 5. Cadenas de amarre para el cable de tierra/comunicaciones.

POS.	DENOMINACIÓN	NI	CANT.	MATERIAL	DESG.
1	GRILLETE NORMAL N16	52.51.21	2	ACERO	GN16
2	ESLABÓN REVIRADO N16	52.51.00	2	ACERO	ESR16
3	TENSOR CORREDERA N16	52.52.01	1	ACERO	TC16
5	JUEGO DE RETENCIÓN PREFORMADA	58.77.02	2	AC. recubierto. AL	RA-SG
4	HORQUILLA GUARDACABOS	52.51.52	2	ACERO	HGR16
5	JUEGO DE RETENCIÓN PREFORMADA	58.77.02	2	AC. recubierto. AL	RA-SG
6	GRAPA CONEXIÓN PARALELA	58.26.04	1	ALUMINIO	GCPD/A16
7	GRAPA CONEXIÓN SENCILLA	58.26.04	1	ACERO	GCS/S16
CARGA DE ROTURA DE LA GRAPA 6.500 daN					
CARGA DE ROTURA MIN. DEL CONJUNTO 12.000 daN (SIN GRAPA)					
NORMA DE APLICACIÓN, UNE 21.158					
TODAS LAS PIEZAS CON TORNILLO Y PASADOR					

Tabla 34. Características cadenas amarre para el cable de tierra/comunicaciones.

## 1.12. DISTANCIAS REGLAMENTARIAS

Se consideran tres tipos de distancias eléctricas:

- $D_{el}$ : distancia de aislamiento en el aire mínima especificada para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.
- $D_{pp}$ : distancia de aislamiento en el aire mínima especificada para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido.
- $a_{som}$ : valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra.

Estas distancias se usarán en los siguientes apartados para calcular las diferentes distancias mínimas y según el artículo 5 del reglamento para nuestro caso estas son:

Tensión más elevada de la red $U_s$ (kV)	$D_{el}$	$D_{pp}$	$a_{som} = (D_{pp} + D_{el}) \cdot 1,1$
72,5	0,70	0,80	1,65

*Tabla 35. Distancias eléctricas.*

### 1.12.1 Distancias entre conductores.

Según el artículo 5.4.1 del ITC-LAT 07 la distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

La separación mínima entre conductores de fase se determinará por la fórmula siguiente:

$$D = K\sqrt{F + L} + K'D_{pp}$$

Donde:

- $D$  = separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.
- $K$  = coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento.
- $K'$  = coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea  $K'=0,85$  para líneas de categoría especial y  $K'=0,75$  para el resto de líneas.



- $F$  = flecha máxima en metros, para las hipótesis según el apartado 3.2.3. Se cogerá la mayor de entre los dos vanos adyacentes.
- $L$  = longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos  $L=0$ .
- $D_{pp}$  = Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido.

El ángulo de oscilación de los conductores se determinará mediante la siguiente expresión:

$$\mu = \arctan \frac{p_v}{p_p}$$

donde  $p_v$  es la sobrecarga de viento (120 km/h) y  $p_p$  es el peso propio más la sobrecarga de hielo (si procede según zona). Determinado el ángulo de oscilación obtendremos el valor de  $K$  que depende de la categoría de la línea.

Con todo esto resumimos a continuación los valores obtenidos:

$P_p$ (daN/m)	$P_v$ (daN/m)	$\tan \mu$	$\mu$ (°)	$K$	$K'$
0,610	0,864	1,42	54,78	0,6	0,75

Tabla 36. Factores distancias entre conductores LA-175.

Los valores de las flechas máximas con su correspondiente distancia mínima entre conductores para cada vano de la línea se muestran en la siguiente tabla:



Nº APOYO	F.MÁXIMA		L (m)	D. MIN (m)	D.REAL (m)
	VANO ANTERIOR	VANO POSTERIOR			
1	-	3,162	0,94	1,815	3,31
2	3,162	5,894	0,00	2,057	2,70
3	5,894	5,651	0,94	2,169	2,70
4	5,651	5,598	0,94	2,140	2,73
5	5,598	5,867	0,94	2,165	2,73
6	5,867	3,998	0,94	2,165	2,70
7	3,998	3,736	0,94	1,933	2,73
8	3,736	2,621	0,00	1,760	2,73
9	2,621	4,062	0,00	1,809	3,03
10	4,062	4,445	0,94	1,992	2,73
11	4,445	3,566	0,94	1,992	2,73
12	3,566	5,269	0,00	1,977	3,31
13	5,269	8,186	0,94	2,413	2,70
14	8,186	3,742	0,00	2,317	2,73
15	3,742	7,357	0,94	2,328	2,70
16	7,357	3,447	0,94	2,328	2,70
17	3,447	16,577	0,00	3,043	3,40
18	16,577	13,104	0,00	3,043	4,40
19	13,104	8,035	0,00	2,772	4,00
20	8,035	7,744	0,94	2,397	2,73
21	7,744	5,897	0,00	2,270	2,73
22	5,897	4,204	0,94	2,169	2,70
23	4,204	16,573	0,00	3,043	4,00
24	16,573	1,985	0,00	3,043	4,00
25	1,985	11,942	0,00	2,673	3,40
26	11,942	11,810	0,00	2,673	4,00
27	11,810	6,412	0,00	2,662	3,40
28	6,412	11,093	0,00	2,598	3,40
29	11,093	3,936	0,00	2,598	4,00
30	3,936	5,243	0,94	2,092	2,73
31	5,243	5,252	0,00	1,975	3,03
32	5,252	5,250	0,94	2,093	2,70
33	5,250	4,226	0,94	2,093	2,73
34	4,226	4,221	0,94	1,964	2,73
35	4,221	4,409	0,94	1,988	2,73
36	4,409	6,137	0,00	2,086	3,31
37	6,137	9,782	0,00	2,477	2,73
38	9,782	-	0,00	2,477	3,31

Tabla 37. Distancias mínimas y reales entre conductores LA-175.





El cálculo de las distancias mínimas entre conductores y cables de tierra/comunicaciones se realiza de manera análoga. La tabla de valores en este caso es:

$P_p$ (daN/m)	$P_v$ (daN/m)	$\text{Tag } \mu$	$\mu$ (°)	K	K'
0,670	0,900	1,34	53,33	0,6	0,75

*Tabla 38. Factores distancias entre conductores LA-175 y OPGW..*

Los valores de las flechas máximas con su correspondiente distancia mínima entre conductores para cada vano de la línea se muestran en la siguiente tabla:

Nº APOYO	F.MÁXIMA		L (m)	D. MIN (m)	D.REAL (m)
	VANO ANTERIOR	VANO POSTERIOR			
1	-	2,555	0,12	1,581	5,36
2	2,555	5,122	0,00	1,958	4,16
3	5,122	4,911	0,12	1,974	4,16
4	4,911	4,865	0,12	1,946	3,81
5	4,865	5,098	0,12	1,971	3,81
6	5,098	3,474	0,12	1,971	4,16
7	3,474	3,247	0,12	1,737	3,81
8	3,247	2,056	0,00	1,681	3,81
9	2,056	3,409	0,00	1,708	4,41
10	3,409	3,730	0,12	1,727	3,81
11	3,730	2,992	0,12	1,777	3,81
12	2,992	4,744	0,00	1,759	5,25
13	4,744	7,371	0,12	1,923	4,16
14	7,371	3,250	0,00	2,229	4,02
15	3,250	6,389	0,12	2,242	4,16
16	6,389	2,993	0,12	2,131	4,16
17	2,993	16,202	0,00	2,117	4,88
18	16,202	12,582	0,00	3,015	7,18
19	12,582	7,349	0,00	3,015	5,19
20	7,349	7,082	0,12	2,738	3,81
21	7,082	5,115	0,00	2,227	3,81
22	5,115	3,646	0,12	2,210	4,16
23	3,646	16,198	0,00	1,957	5,19
24	16,198	1,484	0,00	3,015	5,19
25	1,484	11,372	0,00	3,015	4,88
26	11,372	11,236	0,00	2,623	5,19
27	11,236	5,724	0,00	2,623	4,88
28	5,724	10,491	0,00	2,611	4,88
29	10,491	3,364	0,00	2,543	5,19
30	3,364	4,482	0,12	2,554	3,81
31	4,482	4,502	0,00	1,870	4,41
32	4,502	4,500	0,12	1,890	4,16
33	4,500	3,622	0,12	1,890	3,81
34	3,622	3,618	0,12	1,890	3,81
35	3,618	3,780	0,12	1,761	3,81
36	3,780	5,447	0,00	1,767	5,25
37	5,447	9,145	0,00	2,000	4,02
38	9,145	-	0,00	2,414	5,36

Tabla 39. Distancias mínimas y reales entre conductores LA-175 y OPGW.

### 1.12.2 Distancias entre conductores y partes puestas a tierra.

La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a  $D_{el}$ , con un mínimo de 0,2 m. Por lo tanto, en nuestro caso la distancia mínima será  $D_{el} = 0,70$  m.

En el caso de las cadenas de suspensión, se considerarán los conductores y la cadena de aisladores desviados bajo la acción de la mitad de la presión de viento correspondiente a un viento de velocidad 120 km/h a (-10 °C) para zona B.

Esta condición se ha verificado y se ve cumplida en todos los casos sin necesidad de instalar contrapesos.

### 1.12.3 Distancias al terreno, caminos, sendas ya cursos de agua no navegables.

Según el artículo 5.5 del ITC-LAT 07, la altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno a una distancia mínima de:

$$h = 5,3 + Del = 6 \text{ (m)}$$

No obstante, el valor mínimo adoptado es de 6,7 m.

La comprobación de este punto se muestra en los planos del perfil de la línea, donde se indica la mínima distancia real en cada cruzamiento y la mínima distancia exigida por el reglamento.

### 1.12.4 Distancias a otras líneas eléctricas o líneas aéreas de telecomunicación (cruzamientos).

En los cruces de líneas eléctricas aéreas se situará a mayor altura la de tensión más elevada y, en el caso de igual tensión; la que se instale con posterioridad. Se procurará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada, pero la distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior no deberá ser inferior a:

$$h = 1,5 + Del$$

con un mínimo de 3 metros para líneas de 66 kV.

La mínima distancia vertical entre los conductores de fase de ambas líneas en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior a:

$$h = Add + Dep$$

donde  $A_{dd} = 2,5$  m. en nuestro caso.



La distancia mínima vertical entre los conductores de fase de la línea eléctrica superior y los cables de tierra convencionales o cables compuestos tierra-óptico (OPGW) de la línea eléctrica inferior en el caso de que existan, no deberá ser inferior a:

$$h = 1,5 + Del$$

con un mínimo de 2 metros.

Todo lo expuesto, establecido en el artículo 5.6.1 del reglamento, se cumple en el presente proyecto y se mostrarán los casos existentes en los planos de perfil.

#### **1.12.5 Paralelismos entre líneas eléctricas aéreas.**

En el presente proyecto no se prevé ningún paralelismo a destacar.

#### **1.12.6 Paralelismos entre líneas eléctricas aéreas y líneas de telecomunicación.**

En el presente proyecto no hay paralelismos de este tipo.

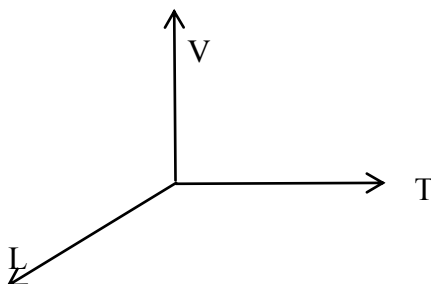
### 1.13. APOYOS.

#### 1.13.1 Principios básicos del cálculo mecánico en apoyos.

Los cálculos mecánicos de apoyos se realizan de forma individual y para cada una de las distintas hipótesis de carga que establece el reglamento.

Estos cálculos incluyen para cada hipótesis los esfuerzos individuales que cada conductor transmite a la cruceta y el esfuerzo equivalente de todos ellos sobre el apoyo.

Los esfuerzos se referencian en un sistema de coordenadas cartesiano ortogonal a derechas (longitudinal (L), transversal (T), vertical (V)).



Las distintas hipótesis de carga a considerar en el cálculo mecánico de apoyos y los correspondientes coeficientes de seguridad a tener en cuenta serán las establecidas en los apartados 3 y 4 del artículo 30º del reglamento y que se exponen en el siguiente apartado.

#### 1.13.2 Definición de hipótesis normales y anormales.

Los cálculos mecánicos de apoyos se realizan de forma individual y para cada una de las distintas hipótesis de carga que establece el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad Líneas Eléctricas de Alta Tensión ITC-07 Apartado 3.

Las distintas hipótesis de carga a considerar en el cálculo mecánico de apoyos serán las siguientes:

- Hipótesis normales.

El coeficiente de seguridad no será inferior a 1,5 en el caso de en apoyos y crucetas metálicas, respecto al límite de fluencia. Estos coeficientes de seguridad se aumentan un 25 % en aquellos apoyos que intervienen en cruzamientos según se describe en el apartado 5.3 de la ITC-07 del citado reglamento.

- Hipótesis anormales.

El coeficiente de seguridad no será inferior a 1,2 para apoyos y crucetas metálicas, respecto al límite de fluencia. En las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN, se puede prescindir de

la consideración de la cuarta hipótesis, cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

- Que los conductores y cables de tierra tengan un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo.
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

Estas tres condiciones se cumplen en nuestro proyecto por lo que prescindiremos de comprobar la cuarta hipótesis cuando nos lo permita el reglamento.

### 1.13.3 Definición de las hipótesis para los distintos tipos de apoyos.

Las hipótesis a considerar con las correspondientes sobrecargas a aplicar en cada una de ellas según la zona de aplicación son las indicadas en las tablas adjuntas y serán la guía para los siguientes apartados donde se calcularán los distintos tipos de esfuerzo que deben soportar los apoyos:

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	2ª HIPÓTESIS		3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Suspensión de Alineación o Suspensión de Ángulo	V	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima. Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h	
	T	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo	ALINEACIÓN: No se aplica.  ÁNGULO: Resultante de ángulo.	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo	ALINEACIÓN: No se aplica.  ÁNGULO: Resultante de ángulo	
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones	Rotura de conductores y cables de tierra



TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	2ª HIPÓTESIS		3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Amarre de Alineación o Amarre de Ángulo	V	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima  Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h	
	T	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo	ALINEACIÓN: No se aplica.  ÁNGULO: Resultante de ángulo	Esfuerzo del viento para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo	ALINEACIÓN: No se aplica.  ÁNGULO: Resultante de ángulo	
	L	No aplica.				Desequilibrio de tracciones
Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará: 1ª Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15 °C en zona C Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h. La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.						



TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	2ª HIPÓTESIS		3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Anclaje de Alineación o Anclaje de Ángulo	V	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 o 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima.	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima.  Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h.	
	T	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo	ALINEACIÓN: No se aplica.  ÁNGULO: Resultante de ángulo	Esfuerzo del viento para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo.	ALINEACIÓN: No se aplica.  ÁNGULO: Resultante de ángulo	
	L	No aplica.				Desequilibrio de tracciones
Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará: 1ª Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15 °C en zona C Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h. La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.						





TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	2ª HIPÓTESIS		3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Fin de línea	V	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima.	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h	No aplica.	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima.  Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h
	T	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.	No aplica.	Esfuerzo del viento para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.		No aplica.
	L	Desequilibrio de tracciones.	Desequilibrio de tracciones.			Rotura de conductores y cables de tierra

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará:

1ª Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15 °C en zona C

Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h. La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.

Tabla 40. Hipótesis de cálculo para los apoyos.

### 1.13.4 Esfuerzos verticales.

Los esfuerzos verticales que conductores y cables transmiten a las crucetas y a la cúpula de tierra se determinan mediante el cálculo de un parámetro llamado gravivano.

Se determina gravivano a la longitud de línea aérea que hay que considerar para determinar los esfuerzos verticales que debido a los pesos aparentes de conductores se transmiten al apoyo.

Dicha longitud viene determinada por la distancia horizontal que existe entre los vértices de las catenarias de los vanos contiguos al apoyo ( $X_i$ , parte del vano de la izquierda entre el vértice de la catenaria y el apoyo y  $X_d$ , parte del vano de la derecha entre el apoyo y el vértice de la catenaria).

El vértice de la catenaria modifica su situación con respecto a cada apoyo en función del parámetro de la misma, que varía con la temperatura y con el coeficiente de sobrecarga de cada hipótesis.

Para cada hipótesis, cargas permanentes sometidas a sobrecarga de viento y cargas permanentes sometidas con sobrecarga de hielo mínimo, y para cada apoyo se determina el valor del gravivano del conductor.

El valor del gravivano ``G'' es, por tanto:

$$G = X_i + X_d \text{ (m)}$$

En donde:

$$X_i = V_1 - a_1 \left( \operatorname{argtanh} \frac{\left( \cosh \frac{V_1}{a_1} \right) - 1}{\sinh \frac{V_1}{a_1}} - \operatorname{argsenh} \frac{\frac{d_1}{a_1}}{\sqrt{\sinh^2 \frac{V_1}{a_1} - \left( \left( \cosh \frac{V_1}{a_1} \right) - 1 \right)^2}} \right)$$

$$X_d = a_2 \left( \operatorname{argtanh} \frac{\left( \cosh \frac{V_2}{a_2} \right) - 1}{\sinh \frac{V_2}{a_2}} - \operatorname{argsenh} \frac{\frac{d_2}{a_2}}{\sqrt{\sinh^2 \frac{V_2}{a_2} - \left( \left( \cosh \frac{V_2}{a_2} \right) - 1 \right)^2}} \right)$$

Tras calcular el gravivano se determinan los esfuerzos verticales que el conductor y el cable de tierra transmiten a la cruceta:

$$P_G = P_{X_i} + P_{X_d} \text{ (daN)}$$

$$P_G = p_c \left( a_1 \cdot \sinh \frac{x_i}{a_1} + a_2 \cdot \sinh \frac{x_d}{a_2} \right) \text{ (daN)}$$

Los parámetros utilizados se definen a continuación:

- $V_1$ : vano de la izquierda del apoyo (m).
- $V_2$ : vano de la derecha del apoyo (m).
- $d_1$ : diferencia de cotas entre los puntos de sujeción del conductor del vano de la izquierda o desnivel, con su signo (positivo cuando la cota del punto de sujeción en el apoyo de la izquierda es menor que la cota del punto de sujeción del apoyo considerado) (m).
- $d_2$ : diferencia de cotas entre los puntos de sujeción del conductor del vano de la derecha o desnivel, con su signo (positivo cuando la cota del punto de sujeción en el apoyo de la derecha es mayor que la cota del punto de sujeción del apoyo considerado) (m).
- $a_1$ : parámetro de la catenaria del vano de la izquierda (m).
- $a_2$ : parámetro de la catenaria del vano de la derecha (m).
- $P_G$ : esfuerzo total que el conductor transmite a la cruceta (daN).
- $P_{X_i}$ : esfuerzo vertical que el conductor del gravivano de la izquierda transmite a la cruceta (daN):
- $P_{X_d}$ : esfuerzo vertical que el conductor del gravivano de la derecha transmite a la cruceta (daN).
- $P_c$ : peso aparente del conductor (daN).

#### Cargas permanentes.

Según el Art. 15º del reglamento, se considerarán como cargas verticales las debidas al peso propio de los distintos elementos: conductores, aisladores, herrajes y cables de tierra.

#### Sobrecargas motivadas por el viento.

Según el Art. 16º del reglamento, los conductores y cables se consideran sometidos a



una sobrecarga horizontal transversal por viento por unidad de longitud de valor:

$$p_v = 0,981 \cdot 50 \cdot d \cdot 10^{-3} \quad (\text{daN/m}) \quad \text{para } d > 16 \text{ mm}$$

Siendo 'd' el diámetro del conductor o cable en mm.

Sobrecargas motivadas por hielo.

Según el Art. 17º del reglamento, los conductores se consideran sometidos en la zona B a una sobrecarga por manguito de hielo por unidad de longitud cuyo valor es:

$$P = 0,981 \cdot 0,180 \cdot \sqrt{d} \quad (\text{daN/m})$$

Siendo 'd' el diámetro del conductor o del cable (mm).

En nuestro caso, para todos los tipos de apoyos se calcularán los esfuerzos verticales mediante la hipótesis de viento para la 1ª hipótesis y la hipótesis de hielo para las hipótesis 2ª, 3ª y 4ª.

Los resultados obtenidos para el conductor LA-175 OSTRICH y para el cable de tierra/comunicaciones OPGW 48F se muestran en las dos tablas siguientes:



NUMERO DE APOYO	FUNCION	GRAVIVANO (G) Hipótesis de Viento (1ª Hipótesis)			GRAVIVANO (G) Hipótesis de Hielo (2ª, 3ª y 4ª Hipótesis)			ESFUERZOS VERTICALES (daN/conductor)	
		Gi (m)	Gd (m)	G (m)	Gi (m)	Gd (m)	G (m)	T. MAX. V.	T. MÁX.H.
1	Fin línea		204	204		196,9	196,9	-34,4	-66,5
2	Ang < 6,79	-58	-135,4	-193,3	-50,9	-125,3	-176,2	149,9	324,6
3	Alineación	352,4	78,9	431,2	342,3	80	422,4	154,7	338,9
4	Alineación	135,1	87,6	222,8	134	88,4	222,4	136	299,3
5	Alineación	125,4	62,9	188,2	124,6	64,8	189,4	114,9	254,8
6	Alineación	155,1	82,4	237,6	153,2	82,8	236	145,1	317,7
7	Alineación	97,6	61,2	158,7	97,2	62,2	159,5	96,9	214,5
8	Ang < 2,19	112,8	24,6	137,5	111,8	26,9	138,7	83,9	186,6
9	Ang < 51,82	103,4	114,8	218,2	101,1	113,5	214,6	133,2	288,7
10	Alineación	59,2	123,9	183,1	60,5	122,4	182,9	111,8	246
11	Alineación	58,1	121,7	179,8	59,6	119,8	179,5	109,8	241,5
12	AgAc < 50,94	41,3	63,5	104,7	43,2	64,9	108,1	63,9	145,3
13	Alineación	151,5	173,8	325,4	150,1	172,6	322,7	198,9	434,6
14	Ang < 20,53	94,2	47,5	141,6	95,4	49,1	144,5	86,4	194,4
15	Alineación	126,5	99,4	225,9	124,9	100,3	225,2	138	303
16	Alineación	144,6	58	202,6	143,7	59	202,7	123,7	272,8
17	Alineación	109	160,1	269,2	108	160,9	268,9	164,4	362
18	Ang < 41,84	253,9	142,5	396,4	253,1	143,3	396,4	242,7	534,8
19	Ang < 45,02	219,5	148,8	368,3	218,7	148,4	367	225,3	494,8
20	Alineación	121,2	88	209,2	121,6	89,4	211	127,7	283,9
21	Ang < 3,64	177	38	215	175,6	41	216,6	131,4	291,7
22	Alineación	180	182,5	362,5	177	178,8	355,8	221,7	479,6
23	AgAc < 11,40	1,5	241,2	242,7	5,2	240,6	245,8	148,7	331,9
24	Ang < 17,83	172,8	141,8	314,6	173,4	136	309,3	192,3	416,6
25	Alineación	-37,8	320,1	282,3	-32	316,7	284,8	173,8	386,2
26	Alineación	21,9	302,7	324,6	25,3	299,7	324,9	199,3	439,7
27	Alineación	37,3	144,5	181,8	40,3	143,5	183,9	111,1	247,5
28	Alineación	90,5	-18,8	71,7	91,5	-14,4	77,1	43,7	103,6
29	AgAc < 11,10	345,8	-3,9	341,9	341,4	0,2	341,6	210,5	463,5
30	Alineación	178,9	-118,6	60,3	174,8	-108,9	65,9	37	89,1
31	Ang < 7,27	319,6	59,5	379,1	309,9	61,3	371,3	232,9	502,6
32	Alineación	143,5	114,3	257,8	141,7	113,7	255,4	157,5	343,8
33	Alineación	88,7	15,2	103,9	89,3	18,5	107,8	63,4	145
34	Alineación	166,8	52	218,8	163,5	53,7	217,1	133,7	292,4
35	Alineación	130	49,7	179,7	128,3	51,6	179,9	109,7	242
36	Ang < 86,08	136,3	241,9	378,2	134,4	237	371,4	231,5	501
37	Ang < 21,13	-13,9	293,3	279,4	-9	289,5	280,6	171,7	379,8
38	Fin línea	10,7		10,7	14,5		14,5	6,5	19,4

Tabla 41. Esfuerzos verticales máximos conductor LA-175 OSTRICH.



NUMERO DE APOYO	FUNCION	GRAVIVANO (G) Hipótesis de Viento (1ª Hipótesis)			GRAVIVANO (G) Hipótesis de Hielo (2ª, 3ª y 4ª Hipótesis)			ESFUERZOS VERTICALES (daN/conductor)	
		Gi (m)	Gd (m)	G (m)	Gi (m)	Gd (m)	G (m)	T. MAX. V.	T. MÁXIMA
1	Fin línea		205,6	205,6		203,5	203,5	-38,9	-75,8
2	Ang < 6,79	-59,6	-133,6	-193,2	-57,5	-130,7	-188,2	166,1	333,9
3	Alineación	350,6	79,1	429,6	347,7	79,4	427,1	169,8	342,5
4	Alineación	134,9	87,8	222,7	134,6	88	222,6	149,4	301,7
5	Alineación	125,2	63,2	188,4	125	63,7	188,8	126,4	255,8
6	Alineación	154,8	82,5	237,3	154,3	82,6	236,8	159,2	321,2
7	Alineación	97,5	61,4	158,9	97,4	61,7	159,1	106,5	215,5
8	Ang < 2,19	112,6	23,8	136,4	112,3	24,5	136,9	91,5	185,5
9	Ang < 51, 82	104,2	114,9	219,1	103,5	114,5	218	146,9	295,4
10	Alineación	59,1	124	183,1	59,5	123,5	183	122,8	248,1
11	Alineación	58	121,8	179,8	58,5	121,3	179,7	120,6	243,6
12	AgAc < 50,94	41,2	64,3	105,5	41,7	64,6	106,3	70,7	144
13	Alineación	150,7	173,1	323,9	150,4	172,8	323,2	217,5	438,5
14	Ang < 20,53	94,9	47,9	142,8	95,2	48,2	143,4	95,7	194,3
15	Alineación	126,1	99,6	225,7	125,8	99,8	225,6	151,4	305,8
16	Alineación	144,4	58,3	202,6	144,2	58,5	202,7	135,9	274,7
17	Alineación	108,7	162	270,8	108,5	162,2	270,7	181,7	367,1
18	Ang < 41,84	252	143,9	395,9	251,8	144,1	395,9	266,3	538,2
19	Ang < 45,02	218,1	148,5	366,6	217,9	148,4	366,3	246,4	497,5
20	Alineación	121,5	89,1	210,6	121,6	89,4	211	141,3	286
21	Ang < 3,64	175,9	38,7	214,6	175,6	39,3	215	144,1	291,7
22	Alineación	179,3	181,7	360,9	178,7	180,9	359,5	242,5	488,1
23	AgAc < 11,40	2,3	239,9	242,2	3,1	239,7	242,9	163,1	330,4
24	Ang < 17,83	174,1	144,8	318,9	174,3	142,8	317,1	214,2	430,2
25	Alineación	-40,8	315,1	274,3	-38,8	314,4	275,6	185,5	376,7
26	Ali neación	26,9	298,3	325,2	27,6	297,7	325,3	219,4	443,4
27	Alineación	41,7	144,1	185,8	42,3	143,8	186,2	124,7	252,4
28	Alineación	90,9	-13	78	91,2	-12,1	79,1	52,3	107,2
29	AgAc < 11,10	340	-3,3	336,7	339,1	-2,5	336,6	227,8	460,2
30	Alineación	178,3	-117,2	61,1	177,5	-115,2	62,2	41,2	84,7
31	Ang < 7,27	318,2	59,6	377,8	316,2	60,2	376,4	254,9	513,3
32	Alineación	143,4	114,3	257,6	142,8	114,1	256,9	172,9	348,4
33	Alineación	88,7	15,4	104,2	88,9	16,4	105,4	69,8	142,7
34	Alineación	166,6	52,1	218,6	165,6	52,6	218,2	146,8	295,9
35	Alineación	129,9	49,8	179,7	129,4	50,4	179,8	120,5	243,7
36	Ang < 86,08	136,2	239,8	376	135,6	238,7	374,3	252,9	508,7
37	Ang < 21,13	-11,8	289,2	277,4	-10,7	288,4	277,7	187,2	378,7
38	Fin línea	14,8		14,8	15,6		15,6	9,9	21,1

Tabla 42. Esfuerzos verticales máximos cable de tierra/comunicaciones OPGW 48F.

### 1.13.5 Esfuerzos horizontales transversales y longitudinales.

Los esfuerzos horizontales transversales ( $F_t$ ) que los conductores transmiten a las crucetas son función del eolovano.

El eolovano se define como la longitud de vano horizontal a considerar para la determinación del esfuerzo transversal que, debido a la acción del viento, los conductores transmiten al apoyo. Esta longitud ( $V_{eo}$ ) queda determinada por la semisuma de los dos vanos adyacentes al apoyo.

$$V_{eo} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

Donde:

- $V_1$ : longitud del vano anterior al apoyo en estudio en la dirección longitudinal (m).
- $V_2$ : longitud del vano posterior al apoyo en estudio en la dirección longitudinal (m).

Los esfuerzos horizontales longitudinales  $F_l$  son los debidos a las tracciones de los conductores por su propio peso sobre la cruceta. Cuando los conductores están en equilibrio, como es el caso de los apoyos de alineación de suspensión, estas fuerzas son cero.

#### 1.13.5.1 Apoyos de alineación.

*1ª Hipótesis: hipótesis de viento.*

Las fuerzas horizontales de los apoyos de alineación, ya sea su función de suspensión, amarre o anclaje, se calculan teniendo en cuenta que las condiciones de la 1ª hipótesis son un esfuerzo de viento (apartado 3.1.2 del reglamento ITC-LAT 07) correspondiente a una velocidad mínima de 120 km/h sobre los conductores y el cable de tierra, a una temperatura de  $-10^\circ\text{C}$  por ser zona B.

Según el apartado 3.1.2.1, dichos esfuerzos transversales se calcularán mediante la siguiente expresión:

$$F_t = q \cdot d \cdot V_{eo} \quad (\text{daN})$$

Donde:

- $q$ : presión del viento, para nuestro conductor y nuestra línea 50 daN/m<sup>2</sup>.
- $d$ : diámetro del conductor, en nuestro caso:  $17,28 \cdot 10^{-3}$  m.
- $V_{eo}$ : eolovano (m).

Los esfuerzos longitudinales son nulos.

*2ª Hipótesis: hipótesis de hielo.*

Los esfuerzos horizontales son nulos.

*3ª Hipótesis: desequilibrio de tracciones.*

Los esfuerzos transversales son nulos.

Los esfuerzos longitudinales se calcularán con un desequilibrio de tracciones del 8% para los apoyos de suspensión según el apartado 3.1.4.1 del reglamento, del 15% para los apoyos de amarre según el apartado 3.1.4.2.

Esto se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Fl = P \cdot T_h$$

Donde:

- P: es el porcentaje (0,08; 0,15) en cada caso.
- $T_h$ : es la componente horizontal de la tensión del conductor en la hipótesis de hielo de la zona B (-15°C).

*4ª Hipótesis: rotura de conductores.*

Se cumplen los requisitos para no comprobar esta hipótesis.

#### 1.13.5.2 Apoyos de ángulo.

*1ª Hipótesis: hipótesis de viento.*

Las fuerzas horizontales de los apoyos de ángulo, ya sea su función de suspensión, amarre o anclaje, se calculan teniendo en cuenta que las condiciones de la 1ª hipótesis son un esfuerzo de viento (apartado 3.1.2 del reglamento ITC-LAT 07) correspondiente a una velocidad mínima de 120 km/h sobre los conductores y el cable de tierra, a una temperatura de -10°C por ser zona B, y teniendo en cuenta la resultante del ángulo (apartado 3.1.6).

Las fuerzas transversales se calcularán mediante la siguiente fórmula:

$$F_t = p_v \cdot V_{eo} \cdot \left| \sin \frac{\alpha}{2} \right| + 2 \cdot \max\{T_{v1}, T_{v2}\} \cdot \left| \cos \frac{\alpha}{2} \right| \quad (\text{daN})$$



Donde:

- $p_v$ : es la fuerza por unidad de longitud del viento sobre el conductor (daN/m).
- $V_{eo}$ : eolovano (m).
- $\alpha$ : ángulo en grados sexagesimales que forman las alineaciones, medido en sentido horario desde la alineación anterior hasta la alineación posterior (g).
- $T_{v1}$ : componente horizontal de la tensión del conductor, para la hipótesis de viento en el vano anterior al apoyo (daN).
- $T_{v2}$ : componente horizontal de la tensión del conductor, para la hipótesis de viento en el vano posterior al apoyo (daN).

Las fuerzas longitudinales son nulas.

### *2ª Hipótesis: hipótesis de hielo.*

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_l$ ) y transversales ( $F_t$ ) que cada conductor, debido a la acción del manguito de hielo, transmite a la cruceta se determinará de acuerdo con el Art. 17º y el apartado 3 del Art. 30º del reglamento, teniendo en cuenta la resultante según el artículo 3.1.6. de ITC- LAT 07 a una temperatura de -15°C.

Las fuerzas transversales se calcularán mediante:

$$F_t = 2 \cdot \max\{T_{h1} \cdot T_{h2}\} \cdot \left| \cos \frac{\alpha}{2} \right| \quad (\text{daN})$$

Donde:

- $\alpha$ : ángulo en grados sexagesimales que forman las alineaciones, medido en sentido horario desde la alineación anterior hasta la alineación posterior (g).
- $T_{h1}$ : componente horizontal de la tensión del conductor, para la hipótesis de hielo en el vano anterior al apoyo.
- $T_{h2}$ : componente horizontal de la tensión del conductor, para la hipótesis de hielo en el vano posterior al apoyo.

Las fuerzas longitudinales son nulas.

### *3ª Hipótesis: desequilibrio de tracciones.*

Las fuerzas transversales serán los correspondientes a la resultante del ángulo según el artículo 3.1.6 del reglamento, y se calcularán mediante:

$$Ft = 2 \cdot \max\{T_{h1} \cdot T_{h2}\} \cdot \left| \cos \frac{\alpha}{2} \right| \quad (\text{daN})$$

Donde:

- $\alpha$ : ángulo en grados sexagesimales que forman las alineaciones, medido en sentido horario desde la alineación anterior hasta la alineación posterior (g).
- $T_{h1}$ : componente horizontal de la tensión del conductor, para la hipótesis de hielo en el vano anterior al apoyo.
- $T_{h2}$ : componente horizontal de la tensión del conductor, para la hipótesis de hielo en el vano posterior al apoyo.

Los esfuerzos longitudinales se calcularán con un desequilibrio de tracciones del 8% para los apoyos de suspensión según el apartado 3.1.4.1 del reglamento, del 15% para los apoyos de amarre según el apartado 3.1.4.2.

Esto se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Fl = P \cdot T_h$$

Donde:

- $P$ : es el porcentaje (0,08; 0,15) en cada caso.
- $T_h$ : es la componente horizontal de la tensión del conductor en la hipótesis de hielo de la zona B (-15°C).

*4ª Hipótesis: rotura de conductores.*

Se cumplen las condiciones para no calcular esta hipótesis.

#### 1.13.5.3 Apoyos de anclaje.

En el presente proyecto todos los apoyos de anclaje son de ángulo, por lo que los siguientes cálculos se realizan teniendo en cuenta esta consideración.

*1ª Hipótesis: hipótesis de viento.*

Las fuerzas horizontales de los apoyos de anclaje, ya sea su función de alineación o ángulo, se calculan teniendo en cuenta que las condiciones de la 1ª hipótesis son un esfuerzo de viento (apartado 3.1.2 del reglamento ITC-LAT 07) correspondiente a una velocidad mínima de 120 km/h sobre los conductores y el cable de tierra, a una temperatura de -10°C por ser zona B, y teniendo en cuenta la resultante del ángulo (apartado 3.1.6).

Las fuerzas transversales se calcularán mediante la siguiente fórmula:

$$F_t = p_v \cdot V_{eo} \cdot \left| \sin \frac{\alpha}{2} \right| + 2 \cdot \max\{T_{v1}, T_{v2}\} \cdot \left| \cos \frac{\alpha}{2} \right| \quad (\text{daN})$$

Donde:

- $p_v$ : es la fuerza por unidad de longitud del viento sobre el conductor (daN/m).
- $V_{eo}$ : eolovano (m).
- $\alpha$ : ángulo en grados sexagesimales que forman las alineaciones, medido en sentido horario desde la alineación anterior hasta la alineación posterior (g).
- $T_{v1}$ : componente horizontal de la tensión del conductor, para la hipótesis de viento en el vano anterior al apoyo (daN).
- $T_{v2}$ : componente horizontal de la tensión del conductor, para la hipótesis de viento en el vano posterior al apoyo (daN).

Las fuerzas longitudinales son nulas.

## *2ª Hipótesis: hipótesis de hielo.*

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_l$ ) y transversales ( $F_t$ ) que cada conductor, debido a la acción del manguito de hielo, transmite a la cruceta se determinará de acuerdo con el Art. 17º y el apartado 3 del Art. 30º del reglamento, teniendo en cuenta la resultante según el artículo 3.1.6. de ITC- LAT 07.

Las fuerzas transversales se calcularán mediante:

$$F_t = 2 \cdot \max\{T_{h1}, T_{h2}\} \cdot \left| \cos \frac{\alpha}{2} \right| \quad (\text{daN})$$

Donde:

- $\alpha$ : ángulo en grados sexagesimales que forman las alineaciones, medido en sentido horario desde la alineación anterior hasta la alineación posterior (g).
- $T_{h1}$ : componente horizontal de la tensión del conductor, para la hipótesis de hielo en el vano anterior al apoyo.
- $T_{h2}$ : componente horizontal de la tensión del conductor, para la hipótesis de hielo en el vano posterior al apoyo.

Las fuerzas longitudinales son nulas.

### 3ª Hipótesis: desequilibrio de tracciones.

Si es de anclaje de ángulo, las fuerzas transversales serán los correspondientes a la resultante del ángulo según el artículo 3.1.6 del reglamento, y se calcularán mediante:

$$Ft = 2 \cdot \max\{T_{h1} \cdot T_{h2}\} \cdot \left| \cos \frac{\alpha}{2} \right| \quad (\text{daN})$$

Donde:

- $\alpha$ : ángulo en grados sexagesimales que forman las alineaciones, medido en sentido horario desde la alineación anterior hasta la alineación posterior (g).
- $T_{h1}$ : componente horizontal de la tensión del conductor, para la hipótesis de hielo en el vano anterior al apoyo.
- $T_{h2}$ : componente horizontal de la tensión del conductor, para la hipótesis de hielo en el vano posterior al apoyo.

Si es anclaje de alineación las fuerzas transversales son nulas.

Los esfuerzos longitudinales se calcularán con un desequilibrio de tracciones del 50% para los apoyos de anclaje según el apartado 3.1.4.3.

Esto se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Fl = 0,5 \cdot T_h$$

Donde  $T_h$  es la componente horizontal de la tensión máxima del conductor a  $-15^\circ\text{C}$  más hielo.

### 4ª Hipótesis: rotura de conductores.

Para las fuerzas transversales se aplica el mismo método que en la 3ª hipótesis.

Los esfuerzos longitudinales se calcularán por la rotura de un conductor o cables de tierra, según el apartado. 3.1.5.3, sin reducción alguna de su tensión por haber solo un conductor por fase.

El caso más desfavorable es que se rompa el de menor tensión, por lo que la expresión es:

$$Fl = \max\{T_{h1}, T_{h2}\}$$

Siendo  $T_{h1}$ ,  $T_{h2}$  las componentes horizontales de la tensión máxima del conductor en los vanos contiguos al apoyo a  $-15^\circ\text{C}$  más hielo.

#### 1.13.5.4 Apoyos de fin de línea.

##### *1ª Hipótesis: hipótesis de viento.*

Las fuerzas horizontales de los apoyos de fin de línea se calculan teniendo en cuenta que las condiciones de la 1ª hipótesis son un esfuerzo de viento (apartado 3.1.2 del reglamento ITC-LAT 07) correspondiente a una velocidad mínima de 120 km/h sobre los conductores y el cable de tierra, a una temperatura de -10°C por ser zona B.

Los esfuerzos transversales se calcularán mediante la siguiente expresión:

$$F_t = p_v \cdot \frac{a}{2} \quad (\text{daN})$$

Donde:

- $p_v$ : es la fuerza por unidad de longitud del viento sobre el conductor (daN/m).
- $a$ : longitud del vano (m).

Los esfuerzos longitudinales se calculan según el apartado 3.1.4.4 del reglamento, que dice que se considerará un esfuerzo igual al 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra:

$$F_l = 100\% \cdot T_v$$

Siendo  $T_v$  la componente horizontal de la tensión del conductor para la hipótesis de viento.

##### *2ª Hipótesis: hipótesis de hielo.*

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_l$ ) y transversales ( $F_t$ ) que cada conductor, debido a la acción del manguito de hielo, transmite a la cruceta se determinará de acuerdo con el Art. 17º y el apartado 3 del Art. 30º del reglamento, teniendo en cuenta la resultante según el artículo 3.1.6. de ITC- LAT 07.

Las fuerzas transversales son nulas.

Los esfuerzos longitudinales se calculan según el apartado 3.1.4.4 del reglamento, que dice que se considerará un esfuerzo igual al 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra:

$$F_l = 100\% \cdot T_h$$

Siendo  $T_h$  la componente horizontal de la tensión del conductor para la hipótesis de hielo.

*3ª Hipótesis: desequilibrio de tracciones.*

Esta hipótesis no se aplica para apoyos de fin de línea.

*4ª Hipótesis: rotura de conductores.*

Las fuerzas transversales son nulas.

Los esfuerzos longitudinales se calcularán por la rotura de un conductor o cables de tierra, según el apartado. 3.1.5.4.

Esto se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Fl = T_h$$

Siendo  $T_h$  la componente horizontal de la tensión máxima del conductor a  $-15^\circ\text{C}$  más hielo.

#### 1.13.6 Coeficiente de corrección.

El fabricante nos da unos valores de resistencia a esfuerzos solicitantes en un punto determinado del apoyo, que suele ser el punto más alto. Para poder comparar los valores del fabricante con nuestros cálculos y obtener los coeficientes de seguridad debemos referenciar nuestros resultados al mismo punto del apoyo.

Para ellos se utiliza el coeficiente de corrección, que para el modelo de la figura se calcula de la siguiente manera:

$$F_T \cdot D = F_1 \cdot A_1 + F_2 \cdot A_2 + F_3 \cdot A_3$$

Todos los conductores de cada vano tienen la misma tensión por lo que:

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_c$$

$$A_1 = D$$

$$F_T = \frac{F_c \cdot (A_1 + A_2 + A_3)}{A_1} = F_c \cdot \tau$$

Donde  $\tau$  es el factor de corrección.

### 1.13.7 Momento torsor.

Para los casos en los que se ha calculado la 4ª hipótesis deberemos calcular el comportamiento del apoyo al momento torsor, y comprobar que cumple el coeficiente de seguridad requerido. Esto se comprobará mediante la siguiente fórmula:

$$C_S = \frac{M_1 \cdot C_{S1}}{M_2} \geq C_{SR}$$

Donde:

- $C_S$ : es el coeficiente de seguridad para nuestro caso.
- $C_{SR}$ : es el coeficiente de seguridad mínimo que nos exige el reglamento.
- $C_{S1}$ : es el coeficiente de seguridad del momento torsor del apoyo del catálogo.
- $M_1$ : es el momento torsor que soporta el apoyo.
- $M_2$ : es el momento torsor que hemos calculado que ha de soportar.

### 1.13.8 Selección de apoyos.

Con todas las consideraciones expuestas y en base a las recomendaciones de Iberdrola se han elegido para el presente proyecto los siguientes apoyos:

- Apoyos de la Serie 1, tipos 62E1: apoyos de cimentación monobloque con alturas libres entre 9,5 y 27,5 m con intervalos de 2,25 m y esfuerzo resistente útil entre 1,3 y 6,1 t.
- Apoyos de la Serie 2, tipos 62E2: apoyos con cimentación de macizos independientes, alturas libres entre 12 y 24 m con intervalos de 3,0 m y esfuerzo resistente útil entre 8,1 y 15,1 t.

En aquellos casos en que los apoyos normalizados por Iberdrola para una línea de estas características no puedan cumplir con los esfuerzos solicitantes a soportar se proyectaran apoyos IMEDEXSA de las series:

- Halcón. Apoyo metálico de celosía simple de acero laminado galvanizado en caliente, totalmente atornillables, de sección cuadrada y cimentación monobloque. Con disposición en hexágono, armado tipo “N” para doble circuito y cúpula de cable de tierra/comunicaciones.
- Águila y Águila Real. Apoyo metálico de celosía doble de acero laminado galvanizado en caliente, totalmente atornillables, de sección cuadrada y cimentación fraccionada. Con disposición en hexágono, armado para doble



circuito y cúpula de cable de tierra/comunicaciones.

- Cóndor. Apoyo metálico troncopiramidal de sección cuadrada construidas con perfiles angulares de acero laminado galvanizado en caliente, totalmente atornillables, y cimentación fraccionada. Con disposición en hexágono, armado para doble circuito y cúpula de cable de tierra/comunicaciones.

Los apoyos proyectados serán adecuados en altura y resistencia a las características del terreno y esfuerzo que hayan de soportar.

Las dimensiones de los apoyos proyectados se encuentran en el 'Documento 2: Planos'.

#### **1.13.9 Tablas de resultados.**

A continuación se muestran las tablas con los cálculos realizados para todos los apoyos en las diferentes hipótesis.





NUMERO DE APOYO	FUNCION	ESFUERZOS HORIZONTALES (daN/conductor)			
		H - 1	H - 2	H - 3	H - 4
1	Fin línea	1608,07	1790,4		1790,4
2	Ang<6.79	793,78	198,29	477,29	
3	Alineación	182,7		147,5	
4	Alineación	181		147,5	
5	Alineación	182,7		147,5	
6	Alineación	168,7		147,5	
7	Alineación	150		147,5	
8	Ang<2.19	662,87	62,50	335,05	
9	Ang<51.82	1668,39	1438,52	1711,07	
10	Alineación	150,9		145,4	
11	Alineación	146,2		145,4	
12	AgAc<50.94	1696,36	1448,92	2378,92	1860
13	Alineación	204,7		149,9	
14	Ang<20.53	1076,76	605,89	888,94	
15	Alineación	177,1		147,5	
16	Alineación	174,2		147,5	
17	Alineación	284,2		290,6	
18	Ang<41.84	1706,73	1250,25	1540,80	
19	Ang<45.02	1707,12	1331,73	1620,18	
20	Alineación	226,7		150,9	
21	Ang<3.64	781,46	107,88	390,93	
22	Alineación	170,4		147,4	
23	AgAc<11.40	1007,28	346,40	1314,90	1937
24	Ang<17.83	1112,13	540,73	831,28	
25	Alineación	264		287,6	
26	Alineación	290		287,6	
27	Alineación	262,7		287,4	
28	Alineación	256,2		286,7	
29	AgAc<11.10	955,79	332,78	1288,28	1911
30	Alineación	159,3		146,5	
31	Ang<7.27	819,37	210,24	486,54	
32	Alineación	172,1		146,7	
33	Alineación	163,2		146,7	
34	Alineación	154,3		146,7	
35	Alineación	156		146,7	
36	Ang<86.08	2307,51	2327,73	2476,53	
37	Ang<21.13	1179,62	628,40	780,56	
38	Fin línea	1517,9	1901,8		1901,8

Tabla 43. Resultados de esfuerzos horizontales.

1ª HIPÓTESIS : VIENTO										
Nº de apoyo	Función	Tipo de apoyo	Conductor de fases			Cable de comunicación F.O.				Coef. de seguridad
			Unitario (daN) por conductor	Factor de corrección	Esfuerzo solicitante total (daN)	Unitario (daN) por conductor	Factor de corrección	Esfuerzo solicitante total (daN)	Esfuerzo resistente (C <sub>s</sub> = 1,5) (daN)	
1	FIN DE LINEA	CONDOR 27000 18m N3C CA	1.608,1	0,934	9.011,6	1.642,0	1,392	2.285,7	27.250,0	3,62
2	ANGULO (6,79)	HA 6000 16m NH3C CA	324,2	1,043	2.028,7	337,0	1,418	477,9	6.005,0	3,59
3	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS	182,7	1,043	1.143,3	190,3	1,419	270,0	4.515,0	4,79
4	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	181,0	1,000	1.086,0	188,5	1,317	248,3	2.790,0	3,14
5	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	182,7	1,000	1.096,2	190,3	1,317	250,6	2.790,0	3,11
6	ALINEACION	HA 3000 16m NH3C CS	168,7	1,043	1.055,7	175,7	1,418	249,1	3.005,0	3,45
7	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	150,0	1,000	900,0	156,3	1,317	205,8	2.790,0	3,78
8	ANGULO (2,19)	62 E-160 3TA CA	181,5	1,000	1.088,7	190,1	1,359	258,4	4.900,0	5,46
9	ANGULO (51,82)	AGR 21000 14m NG3C CA	1.293,9	1,000	7.763,4	1.373,3	1,394	1.914,4	20.670,0	3,20
10	ALINEACION	62 E-140 3TA CS	150,9	1,000	905,4	157,2	1,359	213,6	2.790,0	3,74
11	ALINEACION	62 E-140 4,5TA CS	146,2	1,000	877,2	152,3	1,256	191,3	2.790,0	3,92
12	ANG/ANC (50,94)	CO 27000 15m N3C CA	1.316,5	0,944	7.456,9	1.379,7	1,332	1.837,7	27.250,0	4,40
13	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS	204,7	1,043	1.281,0	213,2	1,419	302,5	4.515,0	4,28
14	ANGULO (20,53)	62 E-240 B18 CA	673,6	1,000	4.041,8	699,5	1,290	902,3	15.100,0	4,58
15	ALINEACION	HA 3000 19m NH3C CS	177,1	1,037	1.101,9	184,5	1,362	251,3	3.005,0	3,33
16	ALINEACION	HA 3000 19m NH3C CS	174,2	1,037	1.083,9	181,4	1,362	247,1	3.005,0	3,39
17	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA	284,2	1,076	1.834,8	263,5	1,475	388,7	6.005,0	4,05
18	ANGULO (41,84)	CO 27000 21m N4C CA	1.306,1	1,000	7.836,8	1.338,1	1,402	1.876,0	27.250,0	4,21
19	ANGULO (45,02)	AGR 18000 20m NG4C CA	1.312,9	1,000	7.877,6	1.348,5	1,339	1.805,7	17.900,0	2,77
20	ALINEACION	62 E-150 4TA CS	226,7	1,000	1.360,2	236,2	1,283	303,0	3.950,0	3,56
21	ANGULO (3,64)	62 E-160 3,5TA CA	295,0	1,000	1.769,7	306,8	1,317	404,1	4.900,0	3,38
22	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS	170,4	1,043	1.066,4	177,5	1,419	251,9	4.515,0	5,14

Tabla 44a. 1ª Hipótesis, coeficientes de seguridad.

1ª HIPÓTESIS : VIENTO										
Nº de apoyo	Función	Tipo de apoyo	Conductor de fases			Cable de comunicación F.O.				Coef. de seguridad
			Unitario (daN) por conductor	Factor de corrección	Esfuerzo solicitante total (daN)	Unitario (daN) por conductor	Factor de corrección	Esfuerzo solicitante total (daN)	Esfuerzo solicitante total (daN)	
23	ANG/ANC (11,40)	AGR 14000 16m NG4C CA	531,3	1,000	3.187,6	547,2	1,415	774,3	3.961,9	5,32
24	ANGULO (17,83)	AG 12000 14m NG4C CA	649,3	1,000	3.895,5	666,6	1,461	973,9	4.869,4	3,72
25	ALINEACION	HA 6000 14m NH4C CA	264,0	1,100	1.742,4	223,9	1,627	364,3	2.106,7	4,28
26	ALINEACION	AG 6000 16m NG4C CA	290,0	1,000	1.740,0	301,1	1,415	426,1	2.166,1	4,16
27	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA	262,7	1,076	1.696,0	259,8	1,475	383,2	2.079,2	4,33
28	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA	256,2	1,076	1.654,0	254,1	1,475	374,8	2.028,8	4,44
29	ANG/ANC (11,10)	AGR 14000 18m NG4C CA	481,1	1,000	2.886,5	497,2	1,369	680,7	3.567,2	5,91
30	ALINEACION	62 E-140 4TA CS	159,3	1,000	955,8	166,0	1,283	213,0	1.168,8	3,58
31	ANGULO (7,27)	AG 6000 16m NG3C CA	344,6	1,000	2.067,9	360,6	1,353	487,9	2.555,7	3,52
32	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS	172,1	1,043	1.077,0	179,2	1,419	254,3	1.331,3	5,09
33	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	163,2	1,000	979,2	170,0	1,317	223,9	1.203,1	3,48
34	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	154,3	1,000	925,8	160,7	1,359	218,4	1.144,2	3,66
35	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	156,0	1,000	936,0	162,5	1,317	214,0	1.150,0	3,64
36	ANGULO (86,08)	CO 33000 15m N3C CA	2.014,2	0,944	11.408,5	2.110,1	1,332	2.810,7	14.219,1	3,45
37	ANGULO (21,13)	62 E-240 B12 CA	728,2	1,000	4.369,2	752,8	1,408	1.060,0	5.429,2	4,17
38	FIN DE LINEA	CONDOR 27000 12m N3C CA	1.517,9	0,934	8.506,3	1.625,0	1,392	2.262,0	10.768,3	3,80

Tabla 44b. 1ª Hipótesis, coeficientes de seguridad.

2ª HIPÓTESIS : HIELO										
Nº de apoyo	Función	Tipo de apoyo	Conductor de fases			Cable de comunicación F.O.				Coef. de seguridad
			Unitario (daN) por conductor	Factor de corrección	Esfuerzo solicitante total (daN)	Unitario (daN) por conductor	Factor de corrección	Esfuerzo solicitante total (daN)	Esfuerzo resistente (C <sub>s</sub> = 1,5) (daN)	
1	FIN DE LINEA	CONDOR 27000 18m N3C CA	1.790,4	0,934	10.033,4	1.900,0	1,392	2.644,8	28.500,0	3,37
2	ANGULO (6,79)	HA 6000 16m NH3C CA	198,3	1,043	1.240,9	202,6	1,418	287,2	6.610,0	6,49
3	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS								
4	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS								
5	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS								
6	ALINEACION	HA 3000 16m NH3C CS								
7	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS								
8	ANGULO (2,19)	62 E-160 3TA CA	62,5	1,000	375,0	65,4	1,359	88,8	5.950,0	19,24
9	ANGULO (51,82)	AGR 21000 14m NG3C CA	1.438,5	1,000	8.631,1	1.504,2	1,394	2.096,9	22.480,0	3,14
10	ALINEACION	62 E-140 3TA CS								
11	ALINEACION	62 E-140 4,5TA CS								
12	ANG/ANC (50,94)	CO 27000 15m N3C CA	1.448,9	0,944	8.206,7	1.480,1	1,332	1.971,5	28.500,0	4,20
13	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS								
14	ANGULO (20,53)	62 E-240 B18 CA	605,9	1,000	3.635,4	610,1	1,290	787,0	16.100,0	5,46
15	ALINEACION	HA 3000 19m NH3C CS								
16	ALINEACION	HA 3000 19m NH3C CS								
17	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA								
18	ANGULO (41,84)	CO 27000 21m N4C CA	1.250,2	1,000	7.501,5	1.226,4	1,402	1.719,4	28.500,0	4,64
19	ANGULO (45,02)	AGR 18000 20m NG4C CA	1.331,7	1,000	7.990,4	1.315,8	1,339	1.761,9	18.810,0	2,89
20	ALINEACION	62 E-150 4TA CS								
21	ANGULO (3,64)	62 E-160 3,5TA CA	107,9	1,000	647,3	108,6	1,317	143,1	5.950,0	11,29
22	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS								

Tabla 45a. 2ª Hipótesis, coeficientes de seguridad.

2ª HIPÓTESIS : HIELO										
Nº de apoyo	Función	Tipo de apoyo	Conductor de fases			Cable de comunicación F.O.				Coef. de seguridad
			Unitario (daN) por conductor	Factor de corrección	Esfuerzo solicitante total (daN)	Unitario (daN) por conductor	Factor de corrección	Esfuerzo solicitante total (daN)	Esfuerzo solicitante total (daN)	
23	ANG/ANC (11,40)	AGR 14000 16m NG4C CA	346,4	1,000	2.078,4	339,8	1,415	480,8	2.559,2	8,65
24	ANGULO (17,83)	AG 12000 14m NG4C CA	540,7	1,000	3.244,4	530,4	1,461	774,9	4.019,3	4,63
25	ALINEACION	HA 6000 14m NH4C CA		1,100	0,0					
26	ALINEACION	AG 6000 16m NG4C CA								
27	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA								
28	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA								
29	ANG/ANC (11,10)	AGR 14000 18m NG4C CA	332,8	1,000	1.996,7	330,9	1,369	452,9	2.449,6	9,04
30	ALINEACION	62 E-140 4TA CS								
31	ANGULO (7,27)	AG 6000 16m NG3C CA	210,2	1,000	1.261,4	216,9	1,353	293,4	1.554,8	6,38
32	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS								
33	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS								
34	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS								
35	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS								
36	ANGULO (86,08)	CO 33000 15m N3C CA	2.327,7	0,944	13.184,2	2.377,8	1,332	3.167,2	16.351,5	3,12
37	ANGULO (21,13)	62 E-240 B12 CA	628,4	1,000	3.770,4	627,7	1,408	883,9	4.654,2	5,19
38	FIN DE LINEA	CONDOR 27000 12m N3C CA	1.901,8	0,934	10.657,7	1.900,0	1,392	2.644,8	13.302,5	3,21

Tabla 45b. 2ª Hipótesis, coeficientes de seguridad.

3ª HIPÓTESIS : DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES										
Nº de apoyo	Función	Tipo de apoyo	Conductor de fases			Cable de comunicación F.O.				
			Unitario (daN) por conductor	Factor de corrección	Esfuerzo solicitante total (daN)	Unitario (daN) por conductor	Factor de corrección	Esfuerzo solicitante total (daN)	Esfuerzo solicitante total (daN)	Coef. de seguridad
1	FIN DE LINEA	CONDOR 27000 18m N3C CA								
2	ANGULO (6.79)	HA 6000 16m NH3C CA	477,3	1,043	2.986,9	487,6	1,418	691,3	3.678,2	2,71
3	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS	147,5	1,043	923,1	152,0	1,419	215,7	1.138,7	6,38
4	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	147,5	1,000	885,0	152,0	1,317	200,2	1.085,2	4,98
5	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	147,5	1,000	885,0	152,0	1,317	200,2	1.085,2	4,98
6	ALINEACION	HA 3000 16m NH3C CS	147,5	1,043	923,1	152,0	1,418	215,5	1.138,6	4,44
7	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	147,5	1,000	885,0	152,0	1,317	200,2	1.085,2	4,98
8	ANGULO (2.19)	62 E-160 3TA CA	335,1	1,000	2.010,3	350,4	1,359	476,1	2.486,5	3,59
9	ANGULO (51.82)	AGR 21000 14m NG3C CA	1.711,1	1,000	10.266,4	1.789,2	1,394	2.494,2	12.760,6	2,64
10	ALINEACION	62 E-140 3TA CS	145,4	1,000	872,4	152,0	1,359	206,6	1.079,0	5,00
11	ALINEACION	62 E-140 4,5TA CS	145,4	1,000	872,4	152,0	1,256	190,9	1.063,3	5,08
12	ANG/ANC (50.94)	CO 27000 15m N3C CA	2.378,9	0,944	13.474,2	1.765,1	1,332	2.351,1	15.825,3	2,70
13	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS	149,9	1,043	938,1	152,0	1,419	215,7	1.153,8	6,29
14	ANGULO (20.53)	62 E-240 B18 CA	888,9	1,000	5.333,7	895,1	1,290	1.154,6	6.488,3	3,72
15	ALINEACION	HA 3000 19m NH3C CS	147,5	1,037	917,7	152,0	1,362	207,0	1.124,8	4,49
16	ALINEACION	HA 3000 19m NH3C CS	147,5	1,037	917,7	152,0	1,362	207,0	1.124,8	4,49
17	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA	290,6	1,076	1.876,1	285,0	1,475	420,4	2.296,5	4,34
18	ANGULO (41.84)	CO 27000 21m N4C CA	1.540,8	1,000	9.244,8	1.511,4	1,402	2.118,9	11.363,7	3,76
19	ANGULO (45.02)	AGR 18000 20m NG4C CA	1.620,2	1,000	9.721,1	1.600,8	1,339	2.143,5	11.864,6	2,48
20	ALINEACION	62 E-150 4TA CS	150,9	1,000	905,4	152,0	1,283	195,0	1.100,4	6,12
21	ANGULO (3.64)	62 E-160 3,5TA CA	390,9	1,000	2.345,6	393,6	1,317	518,4	2.864,0	3,12
22	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS	147,4	1,043	922,4	152,0	1,419	215,7	1.138,1	6,38

Tabla 46a. 3ª Hipótesis, coeficientes de seguridad.

3ª HIPOTESIS : DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES											
Nº de apoyo	Función	tipo de apoyo	Conductor de fases			Cable de comunicación F.O.			Coef. de seguridad		
			Unitario (daN) por conductor	Factor de corrección	Esfuerzo solicitante total (daN)	Unitario (daN) por conductor	Factor de corrección	Esfuerzo solicitante total (daN)	Esfuerzo solicitante total (daN)	Esfuerzo resistente (Cs= 1,5) (daN)	Coef. de seguridad
23	ANG/ANC (11,40)	AGR 14000 16m NG4C CA	1.314,9	1,000	7.889,4	624,8	1,415	884,1	8.773,4	14.755,0	2,52
24	ANGULO (17,83)	AG 12000 14m NG4C CA	831,3	1,000	4.987,7	815,4	1,461	1.191,3	6.179,0	12.410,0	3,01
25	ALINEACION	HA 6000 14m NH4C CA	287,6	1,100	1.898,2	285,0	1,627	463,7	2.361,9	6.640,0	4,22
26	ALINEACION	AG 6000 16m NG4C CA	287,6	1,000	1.725,6	285,0	1,415	403,3	2.128,9	6.610,0	4,66
27	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA	287,4	1,076	1.855,5	285,0	1,475	420,4	2.275,8	6.640,0	4,38
28	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA	286,7	1,076	1.850,9	285,0	1,475	420,4	2.271,3	6.640,0	4,39
29	ANG/ANC (11,10)	AGR 14000 18m NG4C CA	1.288,3	1,000	7.729,7	615,9	1,369	843,1	8.572,8	14.755,0	2,58
30	ALINEACION	62 E-140 4TA CS	146,5	1,000	879,0	152,0	1,283	195,0	1.074,0	3.600,0	5,03
31	ANGULO (7,27)	AG 6000 16m NG3C CA	486,5	1,000	2.919,2	501,9	1,353	679,0	3.598,2	6.610,0	2,76
32	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS	146,7	1,043	918,0	152,0	1,419	215,7	1.133,7	4.840,0	6,40
33	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	146,7	1,000	880,2	152,0	1,317	200,2	1.080,4	3.600,0	5,00
34	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	146,7	1,000	880,2	152,0	1,359	206,6	1.086,8	3.600,0	4,97
35	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	146,7	1,000	880,2	152,0	1,317	200,2	1.080,4	3.600,0	5,00
36	ANGULO (86,08)	CO 33000 15m N3C CA	2.476,5	0,944	14.027,0	2.662,8	1,332	3.546,8	17.573,9	33.960,0	2,90
37	ANGULO (21,13)	62 E-240 B12 CA	780,6	1,000	4.683,3	912,7	1,408	1.285,1	5.968,5	16.100,0	4,05
38	FIN DE LINEA	CONDOR 27000 12m N3C CA									

Tabla 46b. 3ª Hipótesis, coeficientes de seguridad.

4ª HIPÓTESIS : ROTURA DE UN CONDUCTOR									
Nº de apoyo	Función	tipo de apoyo	Conductor de fases			Cable de comunicación F.O.			Coef. de seguridad
			Tiro máximo solicitante (daN)	Tiro máximo resistente (Cs=1,2) (daN)	Coef. de seguridad	Tiro máximo solicitante (daN)	Tiro máximo resistente (Cs=1,2) (daN)	Coef. de seguridad	
1	FIN DE LINEA	CONDOR 27000 18m N3C CA	1.790,4	6.000,0	4,02	1.900,0	5.000,0	3,16	
2	ANGULO (6,79)	HA 6000 16m NH3C CA							
3	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS							
4	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS							
5	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS							
6	ALINEACION	HA 3000 16m NH3C CS							
7	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS							
8	ANGULO (2,19)	62 E-160 3TA CA							
9	ANGULO (51,82)	AGR 21000 14m NG3C CA							
10	ALINEACION	62 E-140 3TA CS							
11	ALINEACION	62 E-140 4,5TA CS							
12	ANG/ANC (50,94)	CO 27000 15m N3C CA	1.860,0	7.300,0	4,71	1.900,0	5.000,0	3,16	
13	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS							
14	ANGULO (20,53)	62 E-240 B18 CA							
15	ALINEACION	HA 3000 19m NH3C CS							
16	ALINEACION	HA 3000 19m NH3C CS							
17	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA							
18	ANGULO (41,84)	CO 27000 21m N4C CA							
19	ANGULO (45,02)	AGR 18000 20m NG4C CA							
20	ALINEACION	62 E-150 4TA CS							
21	ANGULO (3,64)	62 E-160 3,5TA CA							
22	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS							

Tabla 47a. 4ª Hipótesis, coeficientes de seguridad.



4ª HIPÓTESIS : ROTURA DE UN CONDUCTOR									
Nº de apoyo	Función	Tipo de apoyo	Conductor de fases			Cable de comunicación F.O.			Coef. de seguridad
			Tiro máximo solicitante (daN)	Tiro máximo resistente (Cs=1,2) (daN)	Coef. de seguridad	Tiro máximo solicitante (daN)	Tiro máximo resistente (Cs=1,2) (daN)	Coef. de seguridad	
23	ANG/ANC (11,40)	AGR 14000 16m NG4C CA	1.937,0	4.360,0	2,70	1.900,0	4.000,0	2,53	
24	ANGULO (17,83)	AG 12000 14m NG4C CA							
25	ALINEACION	HA 6000 14m NH4C CA							
26	ALINEACION	AG 6000 16m NG4C CA							
27	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA							
28	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA							
29	ANG/ANC (11,10)	AGR 14000 18m NG4C CA	1.911,0	4.360,0	2,74	1.900,0	4.000,0	2,53	
30	ALINEACION	62 E-140 4TA CS							
31	ANGULO (7,27)	AG 6000 16m NG3C CA							
32	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS							
33	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS							
34	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS							
35	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS							
36	ANGULO (86,08)	CO 33000 15m N3C CA							
37	ANGULO (21,13)	62 E-240 B12 CA							
38	FIN DE LINEA	CONDOR 27000 12m N3C CA	1.901,8	7.300,0	4,61	1.900,0	5.000,0	3,16	

Tabla 47b. 4ª Hipótesis, coeficientes de seguridad.



			HIPOTESIS DE HIELO, ESFUERZOS VERTICALES EN LOS ARMADOS DE LOS APOYOS				
Nº de apoyo	Función	Tipo de apoyo	Carga vertical por conduc. (daN)	Carga vertical por aislamiento (daN)	Esfuerzo vertical total solicitante en punta de cruceta (daN)	Esfuerzo resistente (daN)	Coef. de seguridad
1	FIN DE LINEA	CONDOR 27000 18m N3C CA	66,5	16,0	82,5	2.000,0	36,36
2	ANGULO (6,79)	HA 6000 16m NH3C CA	324,6	32,0	356,6	1.100,0	4,63
3	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS	338,9	15,5	354,4	1.100,0	4,66
4	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	299,3	15,5	314,8	700,0	3,34
5	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	254,8	15,5	270,3	700,0	3,88
6	ALINEACION	HA 3000 16m NH3C CS	317,7	15,5	333,2	1.100,0	4,95
7	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	214,5	15,5	230,0	700,0	4,57
8	ANGULO (2,19)	62 E-160 3TA CA	186,6	32,0	218,6	700,0	4,80
9	ANGULO (51,82)	AGR 21000 14m NG3C CA	288,7	32,0	320,7	1.500,0	7,02
10	ALINEACION	62 E-140 3TA CS	246,0	15,5	261,5	700,0	4,02
11	ALINEACION	62 E-140 4,5TA CS	241,5	15,5	257,0	700,0	4,09
12	ANG/ANC (50,94)	CO 27000 15m N3C CA	145,3	32,0	177,3	2.000,0	16,92
13	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS	434,6	15,5	450,1	1.100,0	3,67
14	ANGULO (20,53)	62 E-240 B18 CA	194,4	32,0	226,4	900,0	5,96
15	ALINEACION	HA 3000 19m NH3C CS	303,0	15,5	318,5	1.100,0	5,18
16	ALINEACION	HA 3000 19m NH3C CS	272,8	15,5	288,3	1.100,0	5,72
17	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA	362,0	32,0	394,0	1.100,0	4,19
18	ANGULO (41,84)	CO 27000 21m N4C CA	534,8	32,0	566,8	2.000,0	5,29
19	ANGULO (45,02)	AGR 18000 20m NG4C CA	494,8	32,0	526,8	1.500,0	4,27
20	ALINEACION	62 E-150 4TA CS	283,9	15,5	299,4	700,0	3,51
21	ANGULO (3,64)	62 E-160 3,5TA CA	291,7	32,0	323,7	700,0	3,24
22	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS	479,6	15,5	495,1	1.100,0	3,33

Tabla 48a. Hipótesis de hielo, coeficientes de seguridad.

			HIPOTESIS DE HIELO, ESFUERZOS VERTICALES EN LOS ARMADOS DE LOS APOYOS				
Nº de apoyo	Función	Tipo de apoyo	Carga vertical por conduc. (daN)	Carga vertical por aislamiento (daN)	Esfuerzo vertical total solicitante en punta de cruceta (daN)	Esfuerzo resistente (daN)	Coef. de seguridad
23	ANG/ANC (11,40)	AGR 14000 16m NG4C CA	331,9	32,0	363,9	1.500,0	6,18
24	ANGULO (17,83)	AG 12000 14m NG4C CA	416,6	32,0	448,6	1.500,0	5,02
25	ALINEACION	HA 6000 14m NH4C CA	386,2	32,0	418,2	1.100,0	3,95
26	ALINEACION	AG 6000 16m NG4C CA	439,7	32,0	471,7	1.500,0	4,77
27	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA	247,5	32,0	279,5	1.100,0	5,90
28	ALINEACION	HA 6000 19m NH4C CA	103,6	32,0	135,6	1.100,0	12,17
29	ANG/ANC (11,10)	AGR 14000 18m NG4C CA	463,5	32,0	495,5	1.500,0	4,54
30	ALINEACION	62 E-140 4TA CS	89,1	15,5	104,6	700,0	10,04
31	ANGULO (7,27)	AG 6000 16m NG3C CA	502,6	32,0	534,6	1.500,0	4,21
32	ALINEACION	HA 4500 16m NH3C CS	343,8	15,5	359,3	1.100,0	4,59
33	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	145,0	15,5	160,5	700,0	6,54
34	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	292,4	15,5	307,9	700,0	3,41
35	ALINEACION	62 E-140 3,5TA CS	242,0	15,5	257,5	700,0	4,08
36	ANGULO (86,08)	CO 33000 15m N3C CA	501,0	32,0	533,0	2.000,0	5,63
37	ANGULO (21,13)	62 E-240 B12 CA	379,8	32,0	411,8	900,0	3,28
38	FIN DE LINEA	CONDOR 27000 12m N3C CA	19,4	16,0	35,4	2.000,0	84,75

Tabla 48b. Hipótesis de hielo, coeficientes de seguridad.

### 1.13.10 Coordenadas UTM.

A continuación se muestran el número del apoyo, las coordenadas UTM y la función de dichos apoyos.

Nº APOYO	FUNCIÓN DEL APOYO	UTM X	UTM Y
2	ÁNGULO	449.015	4.511.191
8	ÁNGULO	449.116	4.512.402
9	ÁNGULO	449.123	4.512.530
12	ÁNGULO/ANCLAJE	448.763	4.512.905
14	ÁNGULO	448.781	4.513.388
18	ÁNGULO	448.498	4.514.346
19	ÁNGULO	448.629	4.514.683
21	ÁNGULO	448.452	4.515.188
23	ÁNGULO/ANCLAJE	448.298	4.515.560
24	ÁNGULO	448.210	4.515.964
29	ÁNGULO/ANCLAJE	448.297	4.517.309
31	ÁNGULO	448.256	4.517.683
36	ÁNGULO	448.261	4.518.639
37	ÁNGULO	448.038	4.518.689

*Tabla 49. Coordenadas UTM.*

### 1.13.11 Señalización de los apoyos.

Todos los apoyos llevarán instalada una placa de señalización de riesgo eléctrico tipo CE 14, según la norma NI 29.00.00.

### 1.13.12 Numeración de apoyos.

Todos los apoyos se numerarán, ajustándose dicha numeración a la dada en el proyecto, empleando para ello placas y números de señalización según la norma NI 29.05.01.

### 1.13.13 Entronques Aéreo-Subterráneo.

En la unión del cable subterráneo con la línea aérea se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Debajo de la línea aérea se instalará un juego de seccionadores unipolares de intemperie de las características necesarias, de acuerdo con la tensión de la línea y la nominal del cable. Asimismo se instalarán sistemas de protección contra sobretensiones de origen atmosférico a base de pararrayos de óxido metálico.

Estos pararrayos se conectarán directamente a las pantallas metálicas de los



cables y entre sí, la conexión será lo más corta posible y sin curvas pronunciadas.

- A continuación de los seccionadores, se colocarán los terminales de exterior que corresponda a cada tipo de cable.
- El cable subterráneo, en la subida a la red aérea, irá protegido con un tubo de acero galvanizado, que se empotrará en la cimentación del apoyo, sobresaliendo por encima del nivel del terreno un mínimo de 2,5 m.
- En el caso de que la línea disponga de cables de control, la subida a la red aérea, irá protegida con un tubo de acero galvanizado, que terminará en la arqueta para comunicaciones situada junto a la cimentación del apoyo.

### 1.14 CIMENTACIONES.

Las cimentaciones de los apoyos del presente documento se dividen en dos grupos según su diseño y función, estos dos grupos son:

- Cimentaciones monobloque. Son aquellas que están formadas por un macizo de hormigón, en nuestro caso prismático de sección cuadrada. Este tipo de cimentación que trabaja al vuelco, es utilizado para los apoyos de la Serie 1 y apoyo tipo Halcón (Imedexsa).
- Cimentaciones de macizos independientes (fraccionada). Formadas por cuatro macizos de hormigón, uno por cada pata del apoyo, suficientemente separados para permitir su construcción. Este tipo de cimentación trabaja con dos macizos al arranque y dos a compresión del terreno, es utilizado para los apoyos de la Serie 2 y apoyos Águila y Águila Real (Imedexsa).

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa de  $200 \text{ kg/m}^3$  de dosificación y de las dimensiones adecuadas al tipo de terreno (cimentaciones en tierra, mixta y en roca) calculadas de acuerdo con el MT 2.21.56:

- a) Cimentaciones en tierra. Son aquellas en que el terreno permite realizar el hoyo de la cimentación con los medios mecánicos habituales.
- b) Cimentaciones mixtas. Son aquellas en que el terreno no permite, con los medios habituales, realizar el hoyo con la profundidad necesaria, por lo que la cimentación debe ser reforzada, cosiéndola a la roca mediante pernos anclados a la misma.
- c) Cimentaciones en roca. Son aquellas en que la roca surge superficialmente o a muy poca profundidad, y por tanto no puede realizarse el hoyo con los medios mecánicos habituales. Este tipo de cimentación consiste en coser o unir el apoyo a la roca mediante pernos de anclaje a la misma.

A efectos de proyecto en todos los casos se ha considerado una cimentación en tierra, con un tipo de terreno de consistencia normal ( $K=12 \text{ kg/cm}^3$ ).

#### 1.14.1 Cimentaciones monobloque en tierra.

El cálculo de este tipo de cimentación lo realizaremos mediante la fórmula de Sulzberger, la cual, considera que la cimentación gira sobre un eje situado a  $2/3$  de su profundidad. El momento de vuelco solicitante ( $M_v$ ) en cimentaciones en tierra viene dado por la expresión:

$$M_v = F_x \left( H_t + \frac{2}{3} \cdot h \right) \quad (\text{daN} \cdot \text{m})$$

Donde los parámetros son:

- $M_v$  = momento al vuelco.
- $F$  = esfuerzo horizontal resultante de la sollicitación combinada (daN).
- $H_t$  = altura sobre el terreno del punto de aplicación del esfuerzo resultante (m).
- $h$  = profundidad de la cimentación (m).

El momento estabilizador de la cimentación  $M_e$  debido a las reacciones de las paredes laterales y de la base, y a la masa de la propia cimentación del apoyo y de las cargas verticales, viene dado por:

$$M_e = \frac{a \cdot h^3}{36} \cdot k_t \cdot \operatorname{tg} \alpha + P \cdot a \left( 0,5 - \frac{2}{3} \sqrt{\frac{P}{2 \cdot a^3 \cdot k_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}} \right) \quad (\text{daN} \cdot \text{m})$$

$$M_e = M_{eh} + M_{ev}$$

Donde los parámetros son:

- $a$ : lado de la sección cuadrada del macizo, en m.
- $P$ : masa del macizo, apoyo y cargas verticales, en daN.
- $k_t$ : coeficiente de compresibilidad del terreno en las paredes laterales del macizo a la profundidad  $h$ , en daN/m<sup>3</sup>.

$$k_t = \frac{k_2}{2} \cdot t$$

- $k_2$ : coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 m de profundidad, en daN/m<sup>3</sup>. Para un terreno medio adoptamos el valor de 10 daN/cm<sup>3</sup>.
- $\operatorname{tg} \alpha$ : 0,01, siendo  $\alpha$  el ángulo máximo reglamentario del giro del macizo en grados sexagesimales.
- $M_{eh}$  = momento estabilizador debido a las reacciones horizontales del terreno sobre las paredes del macizo (daN·m)
- $M_{ev}$  = momento estabilizador debido a las reacciones verticales del terreno sobre el fondo del macizo (daN·m)

Como fórmula simplificada y aproximada (en la que no está considerada, la masa del apoyo y de las cargas verticales) para el cálculo de la cimentación monobloque, indicamos lo siguiente:

$$M_e = a \cdot h(0,14 \cdot h^3 \cdot k_2 + 0,92 \cdot a^2) \quad (\text{daN} \cdot \text{m})$$

En las cimentaciones monobloque las tensiones máximas que la cimentación transmite al terreno no excederán los valores máximos fijados para el mismo.

Las tensiones transmitidas por la cimentación al terreno vendrán dadas por las siguientes expresiones:

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot k_2 \cdot P \cdot t \cdot g \alpha}{a}} \quad (\text{daN/cm}^2)$$

$$\sigma_3 = \frac{t g \alpha \cdot k_t \cdot h}{3} \quad (\text{daN/cm}^2)$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_3}{3} \quad (\text{daN/cm}^2)$$

Los coeficientes de compresibilidad a 2 m de profundidad y a la tensión máxima admisible para los distintos tipos de terrenos los que se reflejan en la siguiente tabla (resumen de la tabla del apartado 3.6.5 del reglamento):

TERRENO	$\sigma_{adm} (\text{daN/cm}^2)$	$K_t - k_k (\text{daN/cm}^2)$
Arcilla dura	4	10
Arcilla semidura	2	6-8
Arcilla blanda	1	4-5
Tierra vegetal compactada	2,5	8-12
Gravera arenosa compactada	4-8	8-20
Arenoso grueso compactado	2-4	8-20
Arenoso fino compactado	1,5-3	8-20
Gravera arenosa no compactada	3-5	8-12
Arenoso grueso no compactado	2-3	8-12
Arenoso fino no compactado.	1-1,5	8-12

*Tabla 50. Coeficientes de compresibilidad de los terrenos.*

Cuando no se disponga de información de las características reales del terreno se utilizarán los valores que establece la anterior tabla.

Deben considerarse coeficientes de compresibilidad ( $k_t - k_k$ ) de 8 daN/cm<sup>3</sup> para terreno flojo, 12 daN/cm<sup>3</sup> para terreno normal y 16 daN/cm<sup>3</sup> para terreno rocoso.

Aquellas cimentaciones que tengan propiedades del terreno distintas a las anteriores

deberán ser calculadas conforme a sus características particulares.

El coeficiente de seguridad  $C_s$  de la cimentación, viene dado por el cociente entre el momento estabilizador y el momento de vuelco solicitante, que debe ser igual o superior a 1,5 para las hipótesis normales, e igual o superior a 1,2 para las hipótesis anormales según el 3.6.1 del ITC-LAT 07:

$$C_s = \frac{M_e}{M_v} \geq 1,5$$

Estos coeficientes de seguridad se verán aumentados un 25% para las hipótesis normales en aquellos apoyos que intervengan en cruzamientos con otras líneas o con vías de comunicación y paso sobre zonas urbanas.

Las características dimensionales de las cimentaciones se pueden encontrar en las correspondientes tablas del 'ANEXO II: CIMENTACIONES'.

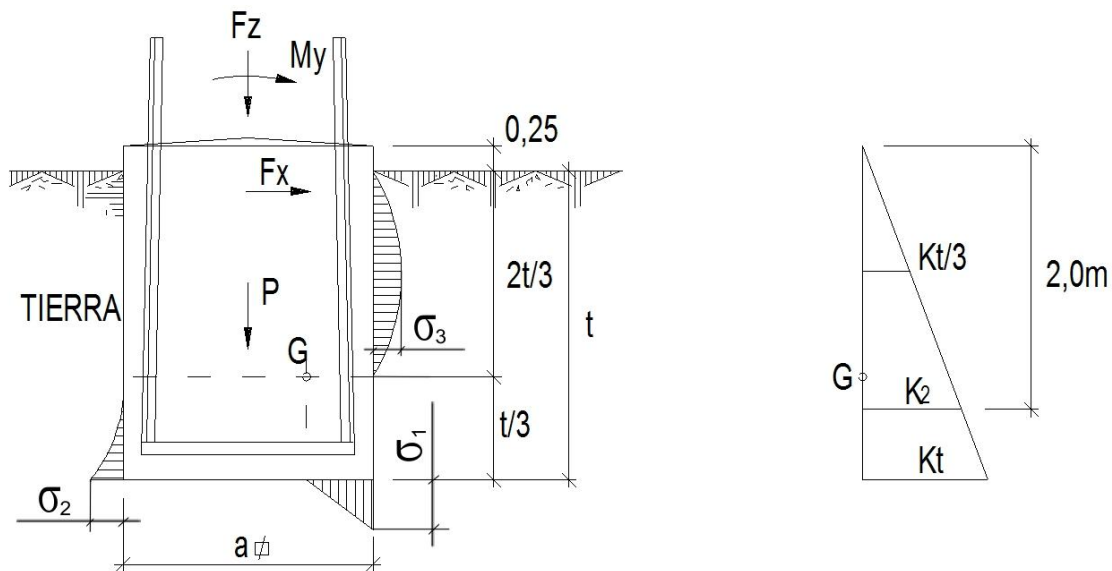


Figura 6. Cimentación monobloque en tierra.

#### 1.14.2 Cimentaciones de macizos independientes en tierra.

El cálculo está basado en el método del talud natural o ángulo de arrastre de tierras, que para un terreno medio (reglamento ITC- LAT 07 apartado 3.6 mencionado anteriormente), hemos considerado de 30°. Las solicitaciones al arranque  $Ar$  y a la compresión del terreno  $Co$ , vienen dadas por la expresión:

$$Ar = \frac{M_v}{2 \cdot L} - \frac{F_z}{4} \quad (\text{daN}) \qquad Co = -\frac{M_v}{2 \cdot L} - \frac{F_z}{4} \quad (\text{daN})$$



Siendo:

- $M_v$ : momento de vuelco solicitante, en  $\text{daN}\cdot\text{m}$ .
- $F_z$ : masa y cargas verticales del apoyo, en t.
- $L$ : distancia entre los macizos de la cimentación, en m.

La carga resistente al arranque  $CR$ , viene dada por la suma de las masas: del propio cimiento  $P_c$ , de las tierras situadas sobre el cimiento  $P_{ts}$  y de las tierras arrastradas por el cimiento al arranque  $P_{ta}$ , siendo su expresión:

$$CR = P_c + P_{ts} + P_{ta} \quad (\text{t})$$

El coeficiente de seguridad  $C_s$ , es el cociente entre la carga resistente y la solicitación al arranque, y será igual o superior a 1,5 para las hipótesis normales.

$$C_s = \frac{CR}{Ar} \geq 1,50$$

La presión sobre la base del cimiento  $\sigma_c$ , viene dada por el cociente entre las cargas: solicitación de compresión  $Co$ , masa del propio cimiento  $P_c$  y masa de las tierras situadas sobre el cimiento  $P_{ts}$  y el área de la base, teniendo la expresión:

$$\sigma_c = \frac{(Co + P_c + P_{ts}) \cdot 0,4}{\pi \cdot \overline{DB}^2} \quad (\text{daN/cm}^2)$$

Las fórmulas para obtener los conceptos anteriormente reseñados, los indicamos a continuación.

$$P_c = V_c \cdot \delta h = \frac{\pi}{4} \left[ D^2 \cdot I + \frac{I}{3} (\overline{DB}^2 + D^2 + \overline{DB} \cdot D) \right] \cdot \delta h \quad (\text{daN})$$

$$P_{ts} = \frac{\pi}{4} [\overline{DB}^2 (H - K) - V_c] \cdot \delta t \quad (\text{daN})$$

$$P_{ta} = \frac{\pi(H-K)}{12} \cdot (C^2 - 2 \cdot \overline{DB}^2 + C \cdot \overline{DB}) \cdot \delta t \quad (\text{daN})$$

En la que:

- $C$ : diámetro del cono de arrastre de tierra en m;  $C = \overline{DB} + 2(H - K) \cdot \text{tg}\beta$
- $D - \overline{DB} - H - I - J - K$ : dimensiones de la cimentación en m, figura nº7.
- $\delta h - \delta t$ : peso específico del hormigón y de las tierras, 2,3 y 1,7  $\text{Kg/dm}^3$ , respectivamente

- $\beta^\circ$ : ángulo de arrastre de tierras,  $\beta = 30^\circ$

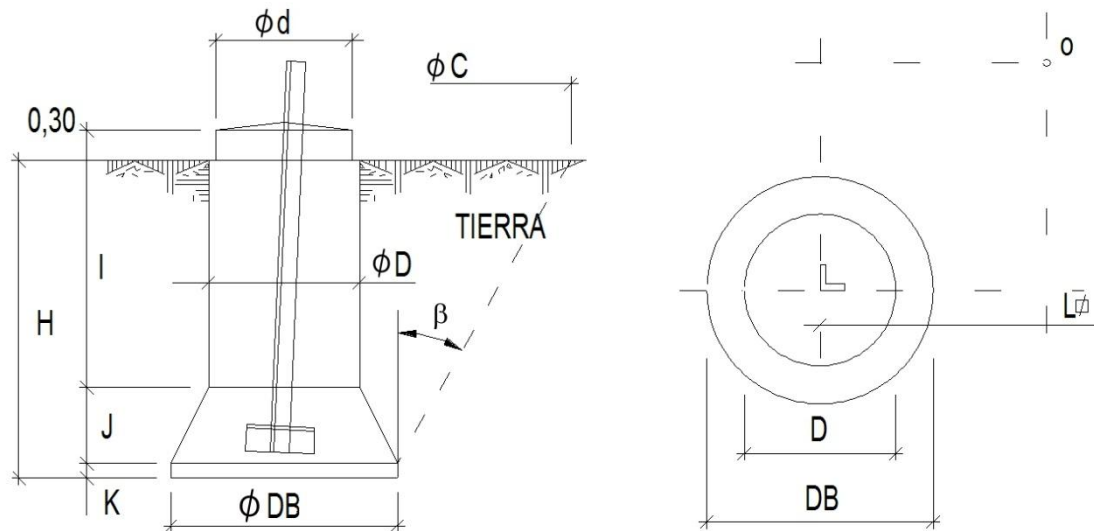


Figura 7. Cimentación de macizos independientes en tierra.

Las características dimensionales y cubicación de las cimentaciones se incluyen en las tablas que conforman el Anexo I “CIMENTACIONES”.



### 1.15 PUESTAS A TIERRA.

Iberdrola en el MT 2.23.31 define que el principio básico de la puesta a tierra (PT), es conseguir que su resistencia de difusión sea inferior a  $20 \Omega$  en los apoyos situados en zonas frecuentadas (F); en las zonas de pública concurrencia (PC), además de lo anterior, es obligatorio el empleo de electrodos de difusión en anillo cerrado enterrado alrededor del apoyo. El mismo tratamiento que para las de PC, debe tenerse para los apoyos que soporten aparatos de maniobra (AM). En el caso de zonas no frecuentadas, consideraremos una resistencia de difusión de  $60 \Omega$ . Las zonas definidas pueden encontrarse en el 'ANEXO III: PUESTAS A TIERRA'.

En líneas generales los criterios adoptados por Iberdrola y reseñados en el manual técnico anteriormente señalado consisten en:

- Materiales de los electrodos: picas bimetálicas de acero-cobre y cable de cobre de  $50 \text{ mm}^2$  de sección.
- Tipos de electrodos:
  - Pica hincada en el fondo del hoyo conectada al apoyo con cable de Cu (PH).
  - Pica en antena conectada al apoyo con cable de Cu 50, enterrado en zanja de 0,70 m de profundidad (PA).
  - Anillo cerrado de cable de Cu conectado al apoyo, enterrado en zanja de 0,70 m de profundidad (AN1), (AN2).
  - Zonas definidas: (PC) pública concurrencia, (F) frecuentadas y de apoyos de maniobra (AM), implementamos las zonas no frecuentadas agrícolas (A) y las no frecuentadas (N).
  - Toma de tierra: se compone de la puesta a tierra (PT) que se realiza a la vez que la cimentación y de la mejora de tierra (MT) que se realiza con posterioridad a la toma de lectura de la resistencia de la PT cuando los valores alcanzados no sean los estipulados.

La medición de la resistencia de difusión se realizará después del hormigonado de los hoyos de la cimentación, y en caso de anillos y antenas, después de que las zanjas hayan sido tapadas y compactadas, dejando al descubierto, únicamente, los extremos de las varillas para posibles ampliaciones, en caso de no alcanzarse el valor prescrito.

Como resumen de lo anterior, se indican los electrodos a instalar en función de la zona y resistencia de difusión del terreno:



Zona	Toma de tierra	Monobloque	Macizos independientes	Resistencia TT (final)
N	PT	PH	2 - PH	$\leq 60 \Omega$
	MT	2 - PA	2 - PA	-
A	PT	PH + AN1	2PH + AN1	$\leq 20 \Omega$
	MT	2 - PA	2 - PA	-
F - PC - AM	PT	PH + AN1	2PH + AN1	$\leq 20 \Omega$
	MT	AN2	2 - PA	-

*Tabla 51. Tipos de electrodos.*

Las puestas a tierra para cada caso en cimentación en tierra pueden verse detalladamente en los correspondientes planos.



## **1.16 CONCLUSIONES.**

En los diferentes apartados incluidos en esta Memoria se han expuesto los cálculos necesarios y los fundamentos técnicos que han servido de base para la realización de este Proyecto, cumpliendo con las normas vigentes que sobre líneas aéreas de alta tensión han sido establecidas por los Organismos competentes.

A continuación acompañan a esta Memoria: Planos de perfil y planta de la línea, detalles de los apoyos, aislamiento, etc. así como el Presupuesto de las obras a realizar, el Pliego de condiciones y el Estudio de Seguridad, Salud e Higiene.

Con todo ellos se cree haber aportado suficientes datos y justificaciones, por lo cual se solicita la Aprobación y Autorización del proyecto para su construcción y posterior puesta en funcionamiento, así como la Declaración de Utilidad Pública a efecto de imposición de servidumbres para el paso de la línea a través de los terrenos afectados por las obras de acuerdo con la ley 54/1997 de 27 de Noviembre del Sector Eléctrico.



## **DOCUMENTO N°2**

### **PRESUPUESTO**



<b>MONTAJE Y MATERIAL ELECTRICO</b>
-------------------------------------

UNIDADES	DESCRIPCIÓN	€/ UNIDAD	TOTAL €
<i>CABEZAS</i>			
9 UD	CABEZA 62E140	1056,23	9506,07
1 UD	CABEZA 62E150	1113,8	1113,8
2 UD	CABEZA 62E160	1227,8	2455,6
2 UD	CABEZA 62E240	1814,3	3628,6
<i>FUSTES</i>			
1 UD	FUSTE AT-14/3TA	2769,85	2769,85
6 UD	FUSTE AT-14/3,5TA	3299,25	19795,5
1 UD	FUSTE AT-14/4TA	3662,3	3662,3
1 UD	FUSTE AT-14/4,5TA	4236,72	4236,72
1 UD	FUSTE AT-15/4TA	4232,29	4232,29
1 UD	FUSTE AT-16/3TA	3709,16	3709,16
1 UD	FUSTE AT-16/3,5TA	4393,5	4393,5
1 UD	FUSTE AT-24/B12	6495,78	6495,78
1 UD	FUSTE AT-24/B18	8393,5	8393,5
<i>APOYOS AGUILA</i>			
1 UD	APOYO AG 6000 16m NG3C	7837,51	7837,51
1 UD	APOYO AG 6000 16m NG4C	8389,48	8389,48
1 UD	APOYO AG 12000 14m NG3C	10457,35	10457,35
<i>APOYOS AGUILA REAL</i>			
1 UD	APOYO AGR 14000 16m NG4C	12518,74	12518,74
1 UD	APOYO AGR 14000 18m NG4C	13624,73	13624,73
1 UD	APOYO AGR 18000 20m NG4C	17669,64	17669,64
1 UD	APOYO AGR 21000 14m NG3C	15618,95	15618,95
<i>APOYOS CONDOR</i>			
1 UD	APOYO CONDOR 27000 12m N3C	19722,5	19722,5
1 UD	APOYO CONDOR 27000 18m N3C	19722,5	19722,5
1 UD	APOYO CONDOR 27000 15m N3C	18832,5	18832,5
1 UD	APOYO CONDOR 27000 21m N4C	23927,76	23927,76
1 UD	APOYO CONDOR 33000 15m N3C	22514,9	22514,9

*APOYOS HALCON*

1 UD	APOYO HA 3000 16m NH3C	5608,58	5608,58
2 UD	APOYO HA 3000 19m NH3C	6555,77	13111,54
4 UD	APOYO HA 4500 16m NH3C	6212,85	24851,4
1 UD	APOYO HA 6000 14m NH4C	7190,49	7190,49
1 UD	APOYO HA 6000 16m NH3C	7556,09	7556,09
3 UD	APOYO HA 6000 19m NH4C	8272,94	24818,82

*CONDUCTORES*

12 UD	MONTAJE DE 3 TERMINALES LA-175	28,78	345,36
	CAJA DE EMPALME PARA FIBRA OPTICA		
3 UD	96 FO	386,16	1158,48
	TEND.CONDUCTOR LA-175 D/C SIMPLEX		
8,9 M	+OPGW48F	27361,72	243519,308

 *AISLADORES*

	CADENA AISLA.SUSP. N-II		
61 UD	SIMPLEX(COMPOSITE)	258,03	15739,83
	CADENA AISLA. AMARRE N-II		
120 UD	SIMPLEX(COMPOSITE)	545,68	65481,6
	CADENA DE SUSPENSION PARA CABLE		
17 UD	OPGW	108,05	1836,85
	CADENA DE AMARRE PARA CABLE		
12 UD	OPGW	174,54	2094,48

*PUESTAS A TIERRA*

	PUESTA A TIERRA MONOBLOQUE (AH +		
24 UD	2PT)	75,11	1802,64
	PUESTA A TIERRA MAZIZOS INDEP. (2AH		
12 UD	+ 2PT)	123,08	1476,96
	MEDICION DE PUESTA A TIERRA DE		
38 UD	APOYOS	21,04	799,52

*INDICADORES*

38 UD	INDICADOR DE NUMERACION DE APOYO	7,93	301,34
38 UD	INDICADOR DE RIESGO ELECTRICO	7,93	301,34

**TOTAL RELACION VALORADA.....****683223,85 €**





<b>DESMONTAJE DE LINEA EXISTENTE</b>
--------------------------------------

UNIDADES	DESCRIPCIÓN	€/ UNIDAD	TOTAL €
69 TN	CHATARRA DE ACERO LAMINADO DE APOYOS	240,4	16587,6
6300 KG	CHATARRA DE CONDUCTOR DESNUDO	0,45	2835
14,7 TN	CHATARRA DE CADENA DE AISLADORES	72,12	1060,164
<b>TOTAL RELACION VALORADA .....</b>			<b>20482,76 €</b>

<b>RESUMEN</b>
----------------

DESCRIPCIÓN	TOTAL €
MONTAJE Y MATERIAL ELECTRICO	<b>683223,858</b>
DESMONTAJE DE LINEA EXISTENTE	<b>20482,764</b>
<b>TOTAL RELACIONES VALORADAS.....</b>	<b>703.706,62 €</b>

El presente presupuesto asciende a:

*SETECIENTOS TRES MIL SETECIENTOS SEIS EUROS CON SESENTA Y DOS CÉNTIMOS.*

El precio unitario incluye tanto el material como el transporte, acopio y montaje del conjunto (incluyendo excavaciones, izado, hormigonado y cualquier otro tipo de maniobra necesario para llevar a cabo la instalación).



## **DOCUMENTO N°3**

### **PLIEGO DE CONDICIONES**



## INDICE

<b>3.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES Y TÉCNICAS PARA LINEAS DE A.T.....</b>	<b>124</b>
3.1.1 OBJETO.....	124
3.1.2 CAMPO DE APLICACIÓN.....	124
3.1.3 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.....	124
3.1.3.1. Datos de la obra.....	124
3.1.3.2. Replanteo de la obra.....	124
3.1.3.3. Recepción del material.....	124
3.1.3.4. Organización.....	124
3.1.3.5. Ejecución de las obras.....	125
3.1.3.6. Subcontratación de obras.....	125
3.1.3.7. Plazo de ejecución.....	125
3.1.3.8. Recepción provisional.....	125
3.1.3.9. Periodo de garantía.....	125
3.1.3.10. Recepción definitiva.....	125
3.1.3.11. Pago de obras.....	125
3.1.3.12. Abono de los materiales acopiados.....	126
3.1.3.13. Disposición final.....	126
<b>3.2 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES.....</b>	<b>127</b>
3.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	127
3.2.2 EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES PROYECTADAS.....	127
3.2.2.1 Apertura de hoyos.....	127
3.2.2.2 Transporte y acopio a pie de apoyo.....	128
3.2.2.3 Cimentaciones.....	129
3.2.2.4 Armado de apoyos metálicos.....	130
3.2.2.5 Protección de las superficies metálicas.....	130
3.2.2.6 Izados de apoyos.....	130
3.2.2.7 Reposición del terreno.....	131
3.2.2.8 Numeración de apoyos y avisos de peligro eléctrico.....	131
3.2.2.9 Puesta a tierra.....	131
<b>3.3 RECEPCIÓN DE OBRA.....</b>	<b>132</b>
3.3.1 CALIDAD DE CIMENTACIONES.....	132
3.3.2 TOLERANCIAS DE EJECUCIÓN.....	132
3.3.3 TOLERANCIAS DE UTILIZACIÓN.....	133



### **3.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES Y TÉCNICAS PARA LINEAS DE A.T.**

#### **3.1.1 Objeto.**

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica, cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto.

#### **3.1.2 Campo de aplicación.**

Este pliego de condiciones se refiere a la construcción de redes aéreas de alta tensión hasta 66kV., así como centros de transformación. Los pliegos de condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

#### **3.1.3 Organización del trabajo.**

El contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de la Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

##### 3.1.3.1 Datos de la obra.

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra. Por otra parte, en un plazo máximo de quince días, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes de acuerdo con las características de la obra terminada. Entregando dos expedientes completos al Director de Obra. Las mejoras y variaciones del proyecto solo pueden ser aprobadas y por escrito por el Director de Obra.

##### 3.1.3.2 Replanteo de la obra.

El Director de Obra deberá hacer el replanteo de las mismas, entregando al Contratista, que correrá con los gastos del mismo, las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de las obras. Se levantará por duplicado Acta de los datos entregados.

##### 3.1.3.3 Recepción del material.

El material suministrado deberá ser aprobado por el Director de Obra, siendo su vigilancia y conservación cuenta del Contratista.

##### 3.1.3.4 Organización.

El Contratista actuará de patrono legal, corriendo con la organización de la obra, de cuyos planes deberá informar al Director de Obra. En obras por administración, el



Contratista deberá dar cuenta diaria de cuantos gastos haya de efectuar.

#### 3.1.3.5 Ejecución de las obras.

Las obras se ejecutaran conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

#### 3.1.3.6 Subcontratación de obras.

Salvo que el contrato disponga lo contrario, el adjudicatario podrá concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra, dando conocimiento por escrito al Director de Obra y no excediendo el coste del 50% del presupuesto de la obra principal.

#### 3.1.3.7 Plazo de ejecución.

Los plazos de ejecución empezaran a contar a partir de la fecha de replanteo, estando el contratista obligado a cumplir con los plazos señalados en el contrato. El director de Obra podrá conceder la prórroga estrictamente necesaria cuando las circunstancias así lo requieran.

#### 3.1.3.8 Recepción provisional.

Se hará a los quince días siguientes a la petición del Contratista, requiriendo la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta de conformidad, si este es el caso, comenzando a contar el plazo de garantía. Si no se hallase la obra en estado de ser recibida, se hará constar en el Acta, fijando al Contratista un plazo de ejecución para remediar los defectos observados, al final del cual se hará un nuevo reconocimiento. Si el Contratista no cumpliese estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

#### 3.1.3.9 Periodo de garantía.

Será el señalado en el contrato. Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra.

#### 3.1.3.10. Recepción definitiva.

Al terminar el plazo de garantía o, en su defecto, a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y el representante del contratista, levantándose el Acta correspondiente por duplicado.

#### 3.1.3.11. Pago de obras.

Se hará sobre certificaciones parciales, expedidas por el Director de Obra, que se practicasen mensualmente, las cuales contendrán unidades de obra totalmente terminadas y ejecutadas en el plazo referido. La relación valorada que figure se hará con



arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación. Estas certificaciones son rectificables por la liquidación definitiva o por Certificaciones posteriores.

#### 3.1.3.12. Abono de los materiales acopiados.

Se abonaran con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación, cuando no haya peligro de que desaparezcan o se deterioren a juicio del Director de Obra, quien lo reflejará en el acta de recepción de Obra. La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes.

#### 3.1.3.13. Disposición final.

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo proyecto incluya el presente Pliego de condiciones generales, supone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

## 3.2 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES.

### 3.2.1 Características de los materiales.

Las características de todos los materiales empleados en la realización de la obra, estarán de acuerdo con las Normas de Iberdrola (N.I.). Dichas normas se enumeran para cada material en la siguiente tabla:

Conductor.	NI 54.63.01
Aislador.	NI 48.08.01
Apoyos de celosía.	NI 52.10.01
Placas y números de señalización.	NI 29.05.01
Balizamiento de líneas aéreas A.T. Protección de avifauna.	NI 29.00.02
Dispositivos anticolidión para líneas aéreas A.T. Protección de avifauna.	NI 29.00.03
Forros para conductores, grapas y herrajes.	NI 52.59.03

*Tabla 47. Materiales Pliego de condiciones.*

### 3.2.2 Ejecución de las instalaciones proyectadas.

Las condiciones para la realización de la obra de estarán de acuerdo con los Manuales Técnicos (M.T.). Es responsabilidad del contratista que la ejecución de los trabajos sea realicen acorde a dichos manuales.

A continuación se describen los procesos propios de la ejecución del trabajo.

#### 3.2.2.1 Apertura de hoyos.

Se procurará ajustar las excavaciones lo máximo posible a las indicadas por el Director de Obra. Es importante que las paredes de los hoyos sean verticales para una mayor sujeción del terreno.

El Contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar las excavaciones abiertas el menor tiempo posible para minimizar el riesgo de accidente.

Las excavaciones se realizarán con útiles apropiados según el tipo de terreno. En terrenos rocosos será imprescindible el uso de explosivos o martillo compresor, siendo por cuenta del Contratista la obtención de los permisos de utilización de explosivos. En terrenos acuosos deberá procederse a su desecado, procurando hormigonar después los más rápidamente posible para evitar el riesgo de desprendimiento en las paredes del hoyo (aumentando así las dimensiones del mismo) y el riesgo de una nueva inundación (bien debida a la naturaleza de la zona o bien debida a las lluvias).

En el caso de que se empleen explosivos, el Contratista deberá tomará las precauciones adecuadas para que en el momento de la explosión no se proyecten al exterior piedras que puedan provocar accidentes o desperfectos, cuya responsabilidad correría a cargo

del Contratista.

### 3.2.2.2 Transporte y acopio a pie de hoyo.

El transporte se hará en condiciones tales que los puntos de apoyos de los postes con la caja del vehículo queden bien promediados respecto a la longitud de los mismos y se evitarán sacudidas bruscas durante el transporte con objeto de evitar daños a los materiales.

En la carga y descarga de los camiones se evitará toda clase de golpes o cualquier otra causa que pueda producir el agrietamiento de los mismos.

Por ninguna razón el poste quedará apoyado de plano, siempre su colocación será de canto para evitar en todo momento deformaciones y grietas.

En el depósito de la obra se colocarán los postes con una separación de éstos con suelo y también entre ellos (en el caso de estar unos encima de otros) con el objetivo de meter los estrobos, por lo que se pondrán, como mínimo, tres puntos de apoyo que serán tacos de madera de igual tamaño. En ningún caso está permitido usar piedras para este fin.

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados. Dese el almacén de obra se transportaran hasta el pie del hoyo mediante carros especiales o elementos apropiados para dicha tarea.

Se deberá tener especial cuidado con los apoyos metálicos, ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los angulares que lo componen dificultando su armado.

Los estrobos a utilizar serán los adecuados para no producir daños a los apoyos.

El Contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al Director de Obra de las anomalías que se produzcan.

En el caso de que se transporten apoyos despiezados es conveniente que sus elementos vayan numerados, en especial las diagonales. Por ninguna causa los elementos que componen el apoyo se utilizarán como palanca o arriostamiento.

Las bobinas, en sus diversos movimientos, serán tratadas con sumo cuidado para evitar deterioros en los conductores y mantener el carrete de madera en buen estado de conservación. Para ello, en la carga y descarga se utilizarán mecanismos de elevación que eviten choques bruscos.

En ningún caso rodarán las bobinas en terrenos pedregosos que puedan ocasionar daños sobre los conductores.

En general, dichas bobinas estarán almacenadas al abrigo de materias que por su naturaleza pudieran deteriorar al conductor.

En lo referente al transporte de herrajes se debe cuidar que no sufran dobleces,



deformaciones o cualquier otro tipo de daño que pueda deteriorar o inutilizar éstos.

### 3.2.2.3 Cimentaciones.

La cimentación de los apoyos se realizará de acuerdo con el Proyecto.

Se empleará un hormigón cuya dosificación sea de  $250 \text{ Kg/m}^3$  y resistencia mecánica de como mínimo  $120 \text{ Kg/m}^2$ .

En caso de preparación en obra, la composición del mismo será la siguiente:

- 200 Kg de cemento P-350.
- 1350 Kg de grava (tamaño  $\leq 40\text{mm } \varnothing$ ).
- 675 Kg de arena seca.
- 180 l de agua limpia.

El amasado del hormigón se hará siempre sobre chapas metálicas o superficies impermeables y se efectuará a mano o en hormigoneras cuando así sea posible, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible.

Al hacer el vertido el hormigón se apisonará con el objetivo de hacer desaparecer las coqueas que pudieran formarse. No se dejarán las cimentaciones cortadas, ejecutándolas con hormigonado continuo hasta su terminación. Si por fuerza mayor hubiera de suspenderse y quedara éste sin terminar, antes de proceder de nuevo al hormigonado se levantará la concha de lechada que tenga, con todo cuidado para no mover la piedra, siendo aconsejable el empleo suave del pico y luego el cepillo de alambre con agua o solamente este último si con él basta; más tarde se procederá a mojarlo con una lechada de cemento e inmediatamente se procederá de nuevo al hormigonado.

Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados.

Para los apoyos metálicos, los macizos sobrepasarán el nivel en 10 cm como mínimo en terrenos normales, y 20 cm en terrenos de cultivo. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, a base de mortero rico en cemento, con una pendiente de un 10% como mínimo como vierteaguas.

Se tendrá la precaución de dejar un conducto para poder colocar el cable de tierra de los apoyos. Este conducto deberá salir a unos 30 cm bajo el nivel del suelo, y, en la parte superior de la cimentación, junto a la arista del apoyo que tenga la toma de tierra.

Arena: debe ser limpia y no contener impurezas arcillosas u orgánicas. Será preferible la que tenga superficie áspera y de origen cuarzoso, desechando la de procedencia de terrenos que contengan mica y feldespato. Cumpliendo estas características la arena



podrá proceder de ríos, canteras, etc.

Piedra: siempre se suministrará limpia. Sus dimensiones podrán estar entre 1 y 5 cm (en cualquiera de sus tres dimensiones). Se prohíbe el empleo de revoltón, es decir, piedra y arena unidas sin dosificación; tampoco está permitido el uso de cascotes o materiales blandos. En el caso de apoyos metálicos podrá utilizarse hormigón ciclópeo. Cumpliendo estas características la piedra podrá proceder de canteras y de graveras de río.

Cemento: será de tipo Portland P-350. Si el terreno es yesoso se empleará cemento puzolánico.

Agua: no estará permitido aquella en la que se aprecie la presencia de hidratos de carbono, aceites o grasas. Queda prohibido el uso de aguas de ciénagas. Con estos requisitos se podrá emplear agua de río o manantiales que sean aceptables por la práctica.

#### 3.2.2.4 Armado de apoyos metálicos.

El armado de estos apoyos se realizará teniendo presente la concordancia de diagonales y presillas.

Todos los elementos metálicos de los apoyos serán ensamblados y fijados por medio de tornillos.

En caso de que en el curso del montaje aparezcan dificultades de ensambladura o defectos sobre piezas que necesitan su sustitución o su modificación, el Contratista deberá notificarlo al Director de Obra.

No se empleará ningún elemento metálico doblado, torcido, etc. Sólo podrán enderezarse previo consentimiento del Director de Obra.

Después de su izado, y antes del tendido de los conductores, se apretarán los tornillos dando a las tuercas la presión correcta. El tornillo deberá sobresalir de la tuerca por lo menos tres pasos de rosca, los cuales se granetearán para evitar que puedan aflojarse.

#### 3.2.2.5 Protección de las superficies metálicas.

Todos los elementos integrantes de los apoyos, perfiles, chapas y tornillos deberán estar galvanizados en caliente, según NI 00.06.10. La galvanización en caliente es el procedimiento por el que se obtienen recubrimientos de cinc en materiales de acero u otros materiales férreos mediante la inmersión de los mismos en un baño de cinc fundido.

#### 3.2.2.6 Izados de apoyos.

La operación de izado de los apoyos debe realizarse de tal forma que ningún elemento



sea solicitado excesivamente. En cualquier caso, los esfuerzos deben ser inferiores al límite elástico del material.

Por tratarse de postes pesados se recomienda sean izados con pluma o grúa, evitando en la medida de lo posible que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste.

#### 3.2.2.7 Reposición del terreno.

Las tierras sobrantes de la excavación, al igual que los restos del hormigonado, deberán ser extendidas si el propietario del terreno lo autoriza; en caso contrario, deberán ser retiradas al vertedero, todo lo cual será a cargo del Contratista.

#### 3.2.2.8 Numeración de apoyos y avisos de peligro eléctrico.

Los apoyos se enumerarán con pintura negra, ajustándose dicha numeración a la dada por el Director de Obra. Las cifras deberán ser legibles desde el suelo.

La placa de señalización de ``riesgo eléctrico`` se colocará en el apoyo a una altura suficiente para que no se pueda quitar desde el suelo (prevención de vandalismo). Dicha placa deberá cumplir las características señaladas en la norma UNE 48103.

Se señalará la instalación con el lema corporativo.

#### 3.2.2.9 Puesta a tierra.

Los apoyos de la línea deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con lo establecido en el presente proyecto y siguiendo las instrucciones dadas en el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

### 3.3 RECEPCIÓN DE LA OBRA.

Durante la obra, o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra y se podrán solicitar todos los ensayos a las instalaciones que se consideren oportunos.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductividad de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

#### 3.3.1 Calidad de cimentaciones.

El Director de Obra podrá encargar la ejecución de probetas de hormigón de forma cilíndrica de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, con objeto de someterlas a ensayos de comprensión. El Contratista tomará a su cargo las obras ejecutadas con hormigón que hayan resultado de insuficiente calidad.

#### 3.3.2 Tolerancias de ejecución.

A continuación se describen los distintos tipos de tolerancias en función de su naturaleza:

- Desplazamiento de apoyos sobre su alineación:

Si "D" representa la distancia, expresada en metros, entre ejes de un apoyo y el de ángulo más próximo, la desviación en alineación de dicho apoyo y la alineación real, debe ser inferior a  $(D/100) + 10$ , expresada en centímetros.

- Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea en relación a su situación prevista:

No debe suponerse aumento en la altura del apoyo. Las distancias de los conductores respecto al terreno deben permanecer como mínimo iguales a las previstas en el Reglamento.

- Verticalidad de los apoyos:

En apoyos de alineación se admite una tolerancia del 0,2% sobre la altura de apoyo.



- Altura de flechas:

Los errores máximos admitidos en flechas, en cualquiera que sea la disposición de los conductores y el número de circuitos sobre el apoyo, en la regulación de conductores, serán de:

- a)  $\pm 3\%$  En el conductor que se regula.
- b)  $\pm 3\%$  Entre dos conductores situados en el plano vertical.
- c)  $\pm 6\%$  Entre dos conductores situados en el plano horizontal.

La medición de las flechas se realizará según la norma UNE 21 101.

### **3.3.3 Tolerancias de utilización.**

- Aisladores:

En el caso de aisladores no suministrados por el Contratista, la tolerancia admitida de elementos estropeados es del 1,5%.

- Conductores:

La cantidad de conductor a cargo del Contratista se obtiene multiplicando el peso del metro de conductor por la suma de las distancias reales medidas entre los ejes de los pies de apoyos, aumentadas en un 3%, cualquiera que sea la naturaleza del conductor, con objeto de tener así en cuenta las flechas, puentes, etc.



## **DOCUMENTO N°4**

### **PLANOS**

El listado de planos es el siguiente:

- [Plano nº1: situación.](#)
- [Plano nº2: emplazamiento.](#)
- Plano nº3: perfil y planta de la línea.
  - [Tramo 1.](#)
  - [Tramo 2.](#)
  - [Tramo 3.](#)
  - [Tramo 4.](#)
  - [Tramo 5.](#)
  - [Tramo 6.](#)
  - [Tramo 7.](#)
- Plano nº4: apoyos.
  - [Hoja 1.](#)
  - [Hoja 2.](#)
  - [Hoja 3.](#)
  - [Hoja 4.](#)
- Plano nº5: aisladores.
  - [Hoja 1.](#)
  - [Hoja 2.](#)
- Plano nº6: puesta a tierra.
  - [Hoja 1.](#)
  - [Hoja 2.](#)

Estos planos se encuentran en la carpeta adjunta ‘Planos’.



## **DOCUMENTO N°5**

### **ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**





## INDICE

<b>5.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....</b>	<b>138</b>
<b>5.2 OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....</b>	<b>138</b>
<b>5.3 ANÁLISIS DEL RIESGO.....</b>	<b>139</b>
5.3.1 Identificación de peligros.....	139
5.3.2 Estimación del riesgo.....	139
5.3.3 Severidad del daño.....	139
5.3.4 Valoración del riesgo.....	140
<b>5.4 SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES.....</b>	<b>141</b>
<b>5.5 PROTECCIONES.....</b>	<b>143</b>
5.5.1 Protección de la cabeza.....	143
5.5.2 Protección del oído.....	143
5.5.3 Protección de ojos y cara.....	144
5.5.4 Protección de las vías respiratorias.....	144
5.5.5 Protección de brazos y manos.....	145
5.5.6 Protección de los pies.....	146
5.5.7 Protección del cuerpo entero.....	146
<b>5.6 CAÍDAS EN ALTURA.....</b>	<b>147</b>
5.6.1 Objeto.....	147
5.6.2 Principales riesgos derivados.....	147
5.6.3 Procedimientos.....	147
5.6.4 Procedimientos individuales a utilizar.....	149
<b>5.7 INSTRUCCIONES DE OPERATIVIDAD PARA LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN NO SUBTERRÁNEAS.....</b>	<b>150</b>
5.7.1 Trabajos en instalaciones de alta tensión sin tensión.....	150



## 5.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

De acuerdo con el artículo 4º del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, el promotor está obligado, a que en la fase de redacción de proyecto, se elabore Estudio de Seguridad y Salud en los proyectos de obra en las que se den alguno de los supuestos que más abajo se exponen:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.000 euros
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500 días.

Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En este caso, para la realización de este proyecto se dan los tres primeros supuestos específicos, lo que obliga a que se elabore un Estudio de Seguridad y Salud.

## 5.2 OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

El presente Estudio de Seguridad y Salud tiene por objeto, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, precisar las normas de seguridad y salud aplicables a la obra correspondiente al *Proyecto de Reforma de L.A.T. 66 kV San Agustín del Guadalix - Cabanillas*, ubicada en los Términos Municipales de San Agustín del Guadalix, Pedrezuela, Guadalix de la Sierra, Venturada y Cabanillas de la Sierra, pertenecientes a la provincia de Madrid.

Se trata de plantear, conforme a la normativa vigente, aquellas operaciones y medidas de prevención, que garanticen la seguridad del personal ajeno a la obra como a los que intervengan en el desarrollo de la ejecución de la obra, tanto en lo referente a la seguridad activa respecto de su propio lugar de trabajo y su movimiento en el interior de la obra, como la seguridad pasiva del propio centro de trabajo, durante la ejecución del mismo.

Este estudio servirá de base para que la Empresa Contratista o Empresas Contratistas designadas por la empresa promotora de la obra pueda realizar el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio, en función de su propio sistema de ejecución de



la obra. En dicho Plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención, con la correspondiente justificación técnica sin que ello implique disminución de los niveles de protección previstos. Dichas medidas alternativas de prevención incluirán la valoración económica de las mismas, no pudiendo implicar disminución del importe total de acuerdo al segundo párrafo del apartado 4 del art. 5º del R. D. 1627/1997.

El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo deberá ser aprobado antes del inicio de la obra, por el Coordinador en Materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. En todo caso el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo se ajustará a lo indicado en el art. 7º del R. D. 1627/1997.

### **5.3 ANÁLISIS DEL RIESGO.**

#### **5.3.1 Identificación de peligros.**

Con el fin de identificar los peligros, lo hemos realizado en función de las fases de obra o unidades constructivas del proyecto y los equipos técnicos y medios auxiliares necesarios para llevar a cabo la obra.

#### **5.3.2 Estimación del riesgo.**

Para cada peligro que se detecte, se estimará el riesgo, determinando la potencial severidad del daño (consecuencias) y la probabilidad de que ocurra el hecho.

#### **5.3.3 Severidad del daño.**

Para determinar la potencial severidad del daño, deben considerarse:

- Las partes del cuerpo que se verán afectadas.
- La naturaleza del daño, graduándolo desde ligeramente dañino a extremadamente dañino:
  - a) Ligeramente dañino: daños superficiales (cortes y magulladuras pequeñas, irritación de los ojos por polvo), molestias e irritación (dolor de cabeza, discomfort).
  - b) Dañino: laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores, sordera, dermatitis, asma, trastornos músculo-esqueléticos, enfermedad que conduce a una incapacidad menor.
  - c) Extremadamente dañinos: amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales, cáncer y otras enfermedades crónicas que acortan severamente la vida.

- Probabilidad de que ocurra el daño: se clasificará desde alta a baja, con el siguiente criterio:
  - a) Probabilidad alta: el daño ocurrirá siempre o casi siempre.
  - b) Probabilidad media: el daño ocurrirá en algunas ocasiones.
  - c) Probabilidad baja: el daño ocurrirá raras veces.

#### 5.3.4 Valoración del riesgo.

Los niveles indicados en el cuadro 1 posterior forman la base para decidir si se quiere mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos, así como la temporización de las acciones. En el cuadro 2 se muestra el criterio seguido como punto de partida para la toma de decisiones e indica que los esfuerzos precisos para el control de los riesgos y la urgencia con la que deben adoptarse las medidas de control deben ser proporcionales al riesgo.

		CONSECUENCIAS		
		Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
PROBABILIDAD	BAJA	Riesgo trivial	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
	MEDIA	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	Riesgo importante
	ALTA	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable

*Cuadro 1*



RIESGO	ACCIÓN Y TEMPORIZACIÓN
Trivial	No se requiere acción específica
Tolerable	No necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante.  Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Moderado	Se deben realizar esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo se deben implantar en un periodo determinado.  Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Importante	No debe comenzar el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Intolerable	No deben comenzarse ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

Cuadro 2

#### 5.4 SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES.

La asistencia elemental para las pequeñas lesiones sufridas por el personal de obra, se atenderán en el botiquín instalado a pie de obra.

Asimismo, se dispondrá de un botiquín para efectuar las curas de urgencia y convenientemente señalizado. Se hará cargo de dicho botiquín la persona más capacitada designada por el Coordinador de seguridad y salud.

El botiquín contendrá:

- 1 Frasco conteniendo agua oxigenada.
- 1 Frasco conteniendo alcohol de 96 grados.



- 1 Frasco conteniendo tintura de yodo.
- 1 Frasco conteniendo mercurocromo.
- 1 Frasco conteniendo amoníaco.
- 1 Caja conteniendo gasa estéril.
- 1 Caja conteniendo algodón hidrófilo estéril.
- 1 Rollo de esparadrapo.
- 1 Torniquete.
- 1 Bolsa para agua o hielo.
- 1 Bolsa conteniendo guantes esterilizados.
- 1 Termómetro clínico.
- 1 Caja de apósitos autoadhesivos (tiritas).
- Analgésicos.
- Antisépticos autorizados
- Vendas
- Tijeras
- Pinzas
- Agua potable

La intervención facultativa ante siniestros se prestará preferentemente en los servicios sanitarios de la Mutua de accidentes de trabajo que corresponda a la empresa. En caso de no ser posible por razones de urgencia, se acudirá al centro médico más próximo aunque no pertenezca a dicha Mutua de accidentes.

Los lugares de asistencia sanitaria más próximos a la obra (ambulatorio, casa de socorro, hospital y centro asistencial de la Mutua) así como el itinerario para acceder a ellos, en el menor plazo posible, será conocido por todo el personal presente en la obra y colocado en sitio visible (interior de vestuario, comedor, etc.). Así mismo se indicará los teléfonos de estos lugares de asistencia, el de la Mutua de accidentes de trabajo y el de Urgencias.

## 5.5 PROTECCIONES.

En ausencia de homologación específica por organismo de la Administración especializado, las protecciones colectivas y resguardos de seguridad en tajos, máquinas y herramientas, se ajustarán a los criterios habituales adoptados al respecto por las Comisiones Nacionales de y las prácticas más comunes.

### 5.5.1 Protección de la cabeza.

La cabeza puede verse agredida dentro del ambiente laboral por distintas situaciones de riesgo, entre las que cabe destacar:

- Riesgos mecánicos. Caída de objetos, golpes y proyecciones.
- Riesgos térmicos. Metales fundidos, calor, frío...
- Riesgos eléctricos. Maniobras y/u operaciones en alta o baja tensión.

La protección del cráneo frente a estos riesgos se realiza por medio del casco que cubre la parte superior de la cabeza.

Las características técnicas exigibles a los cascos de protección se encuentran en la norma EN 397.

### 5.5.2 Protección del oído.

Un protector auditivo es un elemento de protección personal utilizado para disminuir el nivel de ruido que percibe un trabajador situado en un ambiente ruidoso.

Los protectores auditivos los podemos clasificar en los siguientes grupos:

- Orejeras. Las orejeras son protectores que envuelven totalmente al pabellón auditivo. Están compuestas por *cascos*, que son piezas de plástico duro que cubren y rodean la oreja. Los bordes están recubiertos por unas almohadillas rellenas de espuma plástica con el fin de sellar acústicamente contra la cara. La superficie interior del casco está normalmente recubierta de un material absorbente del ruido. Y el *arnés*, que es el dispositivo que sujeta y presiona los cascos contra la cabeza o sobre la nuca. Hay cascos de seguridad que llevan acoplados dos cascos de protección auditiva y que pueden girarse 90° a una posición de descanso cuando no es preciso su uso.
- Tapones. Los tapones son protectores auditivos que se utilizan insertos en el conducto auditivo externo, obturándolo. En general, no son adecuados para personas que sufran enfermedades de oído o irritación del canal auditivo. Pueden llevar un ligero arnés o cordón de sujeción para evitar su pérdida.



### 5.5.3 Protección de ojos y cara.

Los equipos de protección personal de ojos y cara se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Pantallas: las pantallas cubren la cara del usuario, preservándolo de las distintas situaciones de riesgo a que pueda verse sometido. Las pantallas protectoras, en orden a sus características intrínsecas, pueden clasificarse en:
  - Pantallas de soldadores: pueden ser de mano o de cabeza. Las pantallas para soldadores van provistas de filtros especiales inactivos que, de acuerdo con la intensidad de las radiaciones, tendrán una opacidad determinada, indicada por su grado de protección N. Estas pantallas pueden llevar antecristales que protegen también contra los posibles riesgos de impactos de partículas en operaciones de limpieza o preparación de soldaduras. Estos cristales de protección mecánica pueden ser de dos tipos: antecristales y cubrefiltros. Las características técnicas de estos equipos de protección están recogidas en las normas EN 166, EN 167, EN 169, EN 175 y EN 379.
  - Pantallas faciales: Están formadas por un sistema de adaptación a la cabeza abatible y ajustable y diferentes variantes de visores. Dependiendo del tipo de visor proporciona protección contra radiaciones, salpicaduras de líquidos corrosivos, proyección de partículas, etc. Las características técnicas de estos protectores vienen recogidas en las normas EN 166, EN 167 y EN 168.
  - Gafas: Las gafas tienen el objetivo de proteger los ojos del trabajador. Las gafas, en función del tipo de riesgos a que se encuentre sometido el trabajador en su puesto de trabajo, debe garantizar total o parcialmente la protección adicional de las zonas inferior, temporal y superior del ojo. Los oculares pueden ser tanto de material mineral como de material orgánico. En cualquier caso, como la montura, requieren una certificación específica. Las gafas pueden ser de los siguientes tipos:
    - a) Gafa tipo universal.
    - b) Gafa tipo cazoleta.
    - c) Gafa tipo panorámica.

Las características técnicas de estos equipos se encuentran recogidas en las normas EN 166, EN 167, EN 168 y EN 170.

### 5.5.4 Protección de las vías respiratorias.

Los equipos de protección individual de las vías respiratorias tienen como misión hacer que el trabajador que desarrolla su actividad en un ambiente contaminado o con deficiencia de oxígeno, pueda disponer para su respiración de aire en condiciones



apropiadas. Estos equipos se clasifican en dos grandes grupos:

- Respiradores purificadores de aire: son equipos que filtran los contaminantes del aire antes de que sean inhalados por el trabajador. Pueden ser de presión positiva o negativa. Los primeros, también llamados respiradores motorizados, son aquellos que disponen de un sistema de impulsión del aire que lo pasa a través de un filtro para que llegue limpio al aparato respiratorio del trabajador. Los segundos, son aquellos en los que la acción filtrante se realiza por la propia inhalación del trabajador.
- Respiradores con suministro de aire: son equipos que aíslan del ambiente y proporcionan aire limpio de una fuente no contaminada. Se destacan dos grandes grupos:
  - a) Equipos semiautónomos. b) Equipos autónomos.

Las características técnicas de los equipos de protección de las vías respiratorias se encuentran recogidas en las normas EN 140, EN 141, EN 143, EN 149, EN 405.

### **5.5.5 Protección de brazos y manos.**

Un guante es una prenda del equipamiento de protección personal que protege una mano o una parte de ésta, de riesgos. Pueden cubrir parte del antebrazo y brazo también.

Las extremidades superiores de los trabajadores pueden verse sometidas, en el desarrollo de un determinado trabajo, a riesgos de diversa índole, en función de los cuales la normativa de la Comunidad Europea establece la siguiente clasificación:

Protección contra riesgos mecánicos.

Protección contra riesgos químicos y microorganismos.

Protección contra riesgos térmicos.

Protección contra el frío.

Guantes para bomberos.

Protección contra radiación ionizada y contaminación radiactiva.

Cada guante, según el material utilizado en su confección tiene sus limitaciones de uso, debiéndose elegir el más adecuado para cada tarea en particular.

Las características técnicas de los guantes se encuentran recogidas en las normas EN 388, EN 374, EN 407, EN 420, EN 421 y EN 511.

### **5.5.6 Protección de los pies.**

Son los pies la parte del cuerpo humano con mayor riesgo de daño directo o capaz de



transmitir daños a otra parte del organismo por ser los puntos de contacto necesarios con el medio para desplazarnos o desarrollar la mayor parte de nuestras actividades. Esta circunstancia ha hecho que de forma natural la humanidad haya tendido a protegerse en primer lugar de las depresiones del suelo y agentes meteorológicos a través del calzado.

El calzado de seguridad pretende ser un elemento que proteja, no solo de las agresiones a los pies, sino que evite además que por éstos lleguen agresiones a otras partes del organismo a través del esqueleto del que constituyen su base. Así, el calzado de seguridad no ha de verse como único elemento de protección contra impactos o pinchazos sino que además, protege contra:

- Vibraciones.
- Caídas mediante la absorción de energía.
- Disminuye el resbalamiento permitiendo una mayor adherencia.
- Disminuye la influencia del medio sobre el que se apoya, calor o frío.
- Previenen de agresiones químicas como derrames, etc.

Las características técnicas del calzado de protección se encuentran recogidas en las normas EN 344 y EN 345.

#### **5.5.7 Protección del cuerpo entero.**

Son aquellos que protegen al individuo frente a riesgos que no actúan únicamente sobre partes o zonas determinadas del cuerpo, sino que afectan a su totalidad.

El cubrimiento total o parcial del cuerpo del trabajador tiene por misión defenderlo frente a unos riesgos determinados, los cuales pueden ser de origen térmico, químico, mecánico, radiactivo o biológico.

La protección se realiza mediante el empleo de prendas tales como mandiles, chaquetas, monos, etc., cuyo material debe ser apropiado al riesgo existente.

Las características técnicas de la ropa de trabajo vienen recogidas en las normas EN 340, EN 366, EN 367, EN 368, EN 369, EN 467, EN 531 y EN 532.

Las prendas de señalización serán aquellas prendas reflectantes que deban utilizarse, sea en forma de brazaletes, guantes, chalecos, etc., en aquellos lugares que forzosamente tengan que estar oscuros o poco iluminados y existan riesgos de colisión, atropellos, etc.

Las características técnicas de las prendas de alta visibilidad se encuentran recogidas en las normas EN 340 y EN 471.

La finalidad del cinturón de seguridad es la de retener o sostener y frenar el cuerpo del

trabajador en determinadas operaciones con riesgo de caída de altura, evitando los peligros derivados de las mismas.

Los cinturones de seguridad pueden clasificarse en:

- Cinturones de sujeción.
- Cinturones de suspensión.
- Cinturones de caída.

Las características técnicas de los cinturones de seguridad están recogidas en las normas EN 360, EN 361 y EN 362.

## **5.6 CAÍDAS EN ALTURA.**

### **5.6.1 Objeto.**

Se definen y establecen las recomendaciones de seguridad que deberán aplicarse durante la realización de trabajos en altura en cualquier situación o lugar de trabajo.

### **5.6.2 Principales riesgos derivados.**

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de objetos en manipulación.
- Pisadas sobre objetos.
- Golpes por objetos o herramientas.

### **5.6.3 Procedimientos.**

Los trabajos en altura no serán realizados por aquellas personas cuya condición física les cause vértigo o altere su sistema nervioso, padezcan ataques de epilepsia o sean susceptibles, por cualquier motivo, de desvanecimientos o alteraciones peligrosas.

Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalentes.

Se deberá de proteger en particular:



- Las aberturas de los suelos.
- Las aberturas en paredes o tabiques, siempre que su situación y dimensiones suponga un riesgo de caída de personas, y las plataformas, muelles o estructuras similares.
- Los lados abiertos de las escaleras y rampas de más de 60 centímetros de altura. Los lados cerrados tendrán un pasamanos, a una altura mínima de 90 centímetros, si la anchura de la escalera es mayor de 1,2 metros; si es menor, pero ambos lados son cerrados, al menos uno de los dos llevará pasamanos.
- Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles,, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante vallado u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente.
- Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.

La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, período de no utilización o cualquier otra circunstancia.

No se comenzará un trabajo en altura si el material de seguridad no es idóneo, no está en buenas condiciones o sencillamente no se tiene.

Nunca se deben improvisar las plataformas de trabajo, sino que se construirán de acuerdo con la normativa legal vigente.

Las plataformas, pasarelas, andamiadas y, en general, todo lugar en que se realicen los trabajos deberán disponer de accesos fáciles y seguros y se mantendrán libres de obstáculos, adoptándose las medidas necesarias para evitar que el piso resulte resbaladizo.

Al trabajar en lugares elevados no se arrojarán herramientas ni materiales. Se pasarán de mano en mano o se utilizará una cuerda o capazo para estos fines.

Caso de existir riesgo de caída de materiales a nivel inferior, se balizará, o si no es posible, se instalarán señales alertando del peligro en toda la zona afectada.

En caso de existir riesgo de caída de materiales incandescentes se vallará o se señalizará toda la zona afectada y si hubiera materiales o equipos y personal en las plantas inferiores, se colocarán mantas ignífugas.

Los accesos a las plataformas de trabajo elevadas se harán con la debida seguridad,



mediante escaleras de servicio y pasarelas. Nunca se debe hacer trepando por los pilares o andando por las vigas.

Los pavimentos de las rampas, escaleras y plataformas de trabajo serán de materiales no resbaladizos o dispondrán de elementos antideslizantes.

Se tendrá un especial cuidado en no cargar los pisos o forjados recién contruidos con materiales, aparatos o, en general, cualquier carga que pueda provocar su hundimiento.

En los trabajos sobre cubiertas y tejados se emplearán los medios adecuados para que los mismos se realicen sin peligro, tales como barandillas, pasarelas, plataformas, andamiajes, escaleras u otros análogos.

Cuando se trate de cubiertas y tejados contruidos con materiales resbaladizos o de poca resistencia, que presenten marcada inclinación o que las condiciones atmosféricas resulten desfavorables, se extremarán las medidas de seguridad, sujetándose los operarios con cinturones de seguridad, que irán unidos convenientemente a puntos fijados sólidamente.

Los trabajadores que operen en el montaje de estructuras metálicas o de hormigón armado o sobre elementos de la obra que por su elevada situación o por cualquier otra circunstancia, ofrezcan peligro de caída grave, deberán estar provistos de cinturones de seguridad, unidos convenientemente a puntos sólidamente fijados.

#### **5.6.4 Protecciones individuales a utilizar.**

Se deberán usar las siguientes protecciones individuales:

- Casco de seguridad contra choques e impactos, para la protección de la cabeza.
- Botas de seguridad antideslizantes y con la puntera reforzada en acero.
- Cinturón de seguridad arnés con sistema de seguridad y posicionamiento.
- Guantes de trabajo.
- Ropa de protección para el mal tiempo.

## **5.7 INSTRUCCIONES DE OPERATIVIDAD PARA LINEAS DE ALTA TENSIÓN NO SUBTERRÁNEAS.**

Una instalación de alta tensión en la que, o en cuya proximidad, deban efectuarse trabajos, no puede ser considerada sin tensión, si no ha sido consignada o en descargo y se ha verificado la ausencia de tensión.

Queda terminantemente prohibido tocar puntos de alta tensión en tensión, incluso con guantes aislantes, así como el efectuar trabajos sobre los mismos, incluso con herramientas aisladas, salvo en el caso de trabajos en tensión.

Esta prohibición no comprende el uso, en las condiciones reglamentarias, de las pértigas de maniobra, de los dispositivos de verificación de ausencia de tensión o de los dispositivos concebidos para los controles de tensión.

Las maniobras de los aparatos de corte no están consideradas como un trabajo sobre los conductores o sus partes contiguas.

Para estas maniobras es obligatorio el empleo de banqueta o alfombra aislante y el uso de los guantes aislantes.

Cuando el mando de un aparato está al alcance del público, debe quedar siempre enclavado materialmente después de cada maniobra, bien sea en posición de apertura o de cierre.

### **5.7.1 Trabajos en Instalaciones de alta tensión sin tensión.**

Todo trabajo sin tensión en una instalación de alta tensión requiere la previa petición de descargo de la citada instalación.

Para la realización de los trabajos, el jefe de los mismos debe poner a disposición de la persona encargada de dejar la instalación en situación de descargo los documentos que permitan la identificación de la misma.

Las operaciones que incumben a la persona encargada de realizar el descargo de la instalación serán:

- Apertura con corte visible de los circuitos o instalaciones solicitadas En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, existirán dispositivos que garantizarán que el corte sea efectivo.
- Enclavamiento, en posición de apertura, de los aparatos de corte y señalización en el mando de los citados aparatos. La señalización constituye la protección mínima en el caso de que no sea posible inmovilizar materialmente, por medio de candados, cerraduras, etc., los aparatos de corte, como por ejemplo seccionadores de mando, etc. Dicha señalización será muy visible y llevará una inscripción como ‘Prohibido maniobrar trabajos’, con el nombre de la persona



que ha solicitado el descargo.

- Verificación de la ausencia de tensión. Debe hacerse en cada uno de los conductores, siendo obligatoria la comprobación, antes y después de la operación, del correcto funcionamiento del detector. Al efectuar esta verificación la instalación se considerará en tensión, debiendo el operario utilizar el dispositivo adecuado (pértigas, etc.) y aislándose con guantes y banqueta o alfombra si es posible.
- Puesta a tierra y en cortocircuito. Se efectuará mediante los dispositivos especiales previstos para este efecto en todos y cada uno de los conductores. Si la puesta a tierra se hace mediante seccionadores de tierra fijos, hay que comprobar que las cuchillas han quedado cerradas. Si no se dispone de puntos fijos, es necesario preparar la instalación para que las pinzas de tierra hagan un buen contacto. (Rascar pintura, preparar puntos donde pueda realizarse la toma de tierra, etc.) En el caso de fases muy separadas, si el conductor de una fase no está afectado por los trabajos y no queda en la zona de trabajo o en su proximidad podrá dejarse sin poner a tierra y en cortocircuito.

La persona encargada del descargo mencionará explícitamente en el documento de consignación, que remitirá, si es posible al jefe de los trabajos, los límites de la zona protegida de la instalación en descargo.

Cuando por la proximidad de otras instalaciones en tensión sea posible el contacto de los operarios con partes en tensión, se interpondrán pantallas aislantes apropiadas, de tal forma que eviten cualquier contacto accidental. El emplazamiento de estas pantallas será mencionado en la hoja del descargo.

Una vez confirmada, por la persona encargada del descargo, la realización de las operaciones que al mismo le incumben, el jefe de trabajos, en el lugar donde se van a realizar los trabajos, deberá proceder a realizar obligatoriamente, antes de iniciar el trabajo, las operaciones siguientes:

Verificación de la ausencia de tensión. Esta operación se realizará con las mismas precauciones que en apartado anteriormente descrito. En el caso de que al efectuar dichas operaciones se observara presencia de tensión en alguno de los conductores, el jefe de trabajos lo comunicará a la persona de la que ha recibido el descargo y no iniciará la colocación de las puestas a tierra y en cortocircuito hasta que reciba la confirmación de aquél de que puede hacerlo y haya comprobado nuevamente la ausencia de tensión. Se presentará especial atención al peligro que representa la presencia de condensadores estáticos.

Puesta a tierra y en cortocircuito. Esta operación, con las precauciones indicadas anteriormente, se realizará lo más cerca posible al lugar de trabajo y a uno y otro lado de cada uno de los conductores que penetren en la zona de trabajo.



Delimitación de la zona de trabajo. La zona de trabajo que afecta a cada brigada debe delimitarse materialmente en todos los planos necesarios, para la protección del personal (incluso ajeno a la brigada de trabajo), mediante dispositivos de señalización visibles, tales como pancartas, banderines, barreras, cintas, etc., previstos a este efecto,

Cuando el jefe de trabajos sea al mismo tiempo la persona encargada del descargo, efectuará previamente todas las operaciones propias de un descargo.

Cuando no sea posible separar los límites de la zona protegida y de la zona de trabajo, lo que conducirá a la superposición de puestas a tierra, la persona que garantiza que la instalación está en descargo efectuará las puestas a tierra y en cortocircuito previstas y el jefe de trabajos podrá ser dispensado de dicha operación, No obstante, es obligación de éste comprobar que dicha puesta a tierra se ha realizado correctamente y que se ha reflejado en la hoja de descargo. Sin embargo, el jefe de trabajo podrá, si lo juzga necesario, situar aquellas puestas a tierra complementarias racionalmente distribuidas, que aseguren la total protección de la zona de trabajo, y poner el enclavamiento y señalización que considere oportunos (riesgos por las dimensiones de la zona de trabajo o los peligros particulares: cruce de una línea en tensión, inducción, etc.)





## **BIBLIOGRAFÍA**

### Biblioteca:

- ‘Líneas de Transporte de Energía’ (3ª Edición). Luis María Checa. Ed. Marcombo.
- PFC: ‘Línea aérea de M.T. de 15 kV doble circuito a futuros centros de transformación de la cooperativa ‘Ribera del Tajo’’. Jose Luis Ramírez Blázquez.
- PFC: ‘Línea aérea de 132 kV para el transporte de 50 MVA’. Esteban Martínez Vaquero.

### Asignaturas cursadas:

- Apuntes de la asignatura “Líneas eléctricas y aparamenta” del Grado en Ingeniería Eléctrica de la UC3M.

### Webs:

- [www.hcenergía.com](http://www.hcenergía.com)
- [www.iberdrola.es](http://www.iberdrola.es)
- <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>
- <http://www.imedexsa.es/public/index.asp>

### Manuales y Normativas:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09, aprobado por Decreto 223/2008, de 15 de febrero, y publicado en el B.O.E. del 19-05-08.
- Normas UNE de obligado cumplimiento.
- Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid. (Modificada parcialmente por la Ley 2/2004, de 31 de mayo, de Medidas Fiscales y Administrativas). BOE 176, de 24-07-2002.



- Ley del Sector Eléctrico. Ley 54/1997, de 27 de noviembre. B.O.E. 28 de noviembre de 1997.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.
- Manuales técnicos de distribución y clientes de Iberdrola.
- Normativa de Iberdrola y proyectos tipo.



## **ANEXO I**

### **AISLADORES**



Significado de las siglas que componen la designación:

- U: letra indicativa de aislador de cadena.
- 70, 120, 160: número que indica la carga mecánica especificada (CME) en kN.
- AB, AA, RB, YB, PP: letras que identifican el tipo de herraje en los extremos superior e inferior, respectivamente, del aislador según el siguiente significado:
  - A: anilla
  - B: rótula
  - R : alojamiento de rótula
  - Y: horquilla en Y
  - P: lengüeta

La posición de los herrajes puede ser paralela o revirada; en este último caso se le añadirá la letra R.

- 20, 30, 45, ... 380: número que indica el nivel de tensión en kV
- P: letra indicativa de aislador para polución muy fuerte.
- A = Aislador Avifauna (C = Corto L = largo)

Accesorios de los aisladores para las tensiones de 220 y 380 kV:

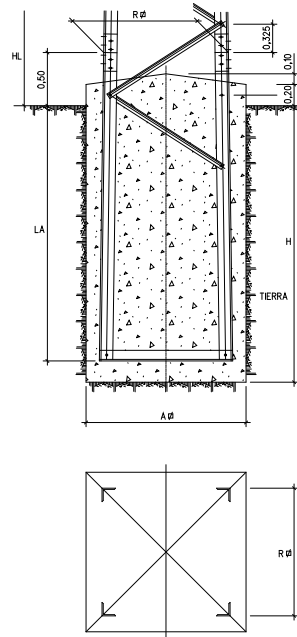
- AR: anillo repartidor de potencial
- 1/2: norma del aislador (N16 y N20)



## **ANEXO II**

### **CIMENTACIONES**

**CIMENTACIONES MONOBLOQUE EN TIERRA APOYOS IBERDROLA 66 KV SERIE 1**

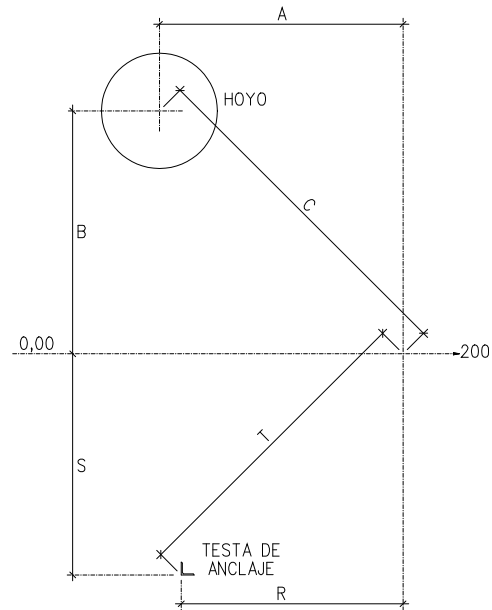
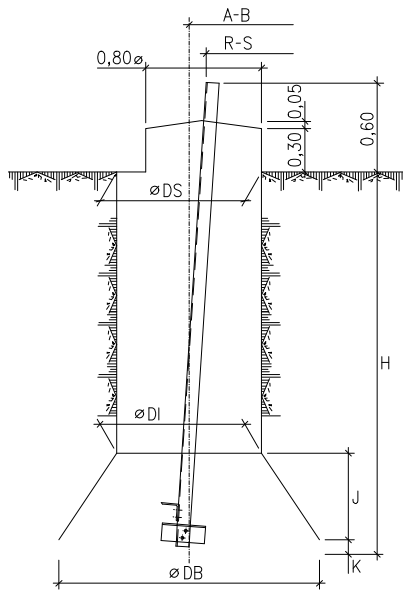


APOYO		ANCLAJE		DIMENSIÓN		CUBICACIÓN (m³)	
TIPO	TRAMO	LONG. LA (mm)	DIST. R' (mm)	A'	H	Excavación (m³)	Hormigonado (m³)
41T111 51T110 61T110	2TA	1,70	1050	1,40	1,85	3,54	3,89
	2,5TA	1,80	1112	1,45	1,95	3,98	4,36
	3TA	1,80	1175	1,50	2,00	4,42	4,83
	3,5TA	1,90	1237	1,60	2,05	4,97	5,43
	4TA	1,90	1300	1,65	2,10	5,44	5,94
	4,5TA	2,00	1362	1,70	2,15	5,94	6,49
	5TA	2,00	1425	1,75	2,20	6,44	7,03
	5,5TA	2,10	1487	1,85	2,25	6,97	7,59
	6TA	2,10	1550	1,90	2,30	7,62	8,30
41T121 51T120 61T120 42E121 52E120 62E120	2TA	1,85	1050	1,40	2,00	3,85	4,20
	2,5TA	1,95	1112	1,45	2,10	4,30	4,69
	3TA	1,95	1175	1,50	2,15	4,88	5,31
	3,5TA	2,05	1237	1,60	2,20	5,38	5,85
	4TA	2,05	1300	1,65	2,25	5,89	6,39
	4,5TA	2,15	1362	1,70	2,30	6,40	6,94
	5TA	2,15	1425	1,75	2,35	6,96	7,55
	5,5TA	2,25	1487	1,85	2,40	7,64	8,27
	6TA	2,25	1550	1,90	2,45	8,23	8,91

APOYO		ANCLAJE		DIMENSIÓN		CUBICACIÓN (m³)	
TIPO	TRAMO	LONG. LA (mm)	DIST. R' (mm)	A'	H	Excavación (m³)	Hormigonado (m³)
41T131 51T130 61T130 42E131 52E130 62E130	2TA	2,05	1050	1,40	2,20	4,35	4,71
	2,5TA	2,15	1112	1,45	2,30	4,84	5,24
	3TA	2,15	1175	1,50	2,35	5,39	5,82
	3,5TA	2,25	1237	1,60	2,40	5,91	6,38
	4TA	2,25	1300	1,65	2,45	6,49	6,99
	4,5TA	2,35	1362	1,70	2,50	7,25	7,80
	5TA	2,35	1425	1,75	2,55	7,84	8,44
	5,5TA	2,45	1487	1,85	2,60	8,46	9,10
	6TA	2,45	1550	1,90	2,65	9,11	9,79
41T141 51T140 61T140 42E141 52E140 62E140	2TA	2,30	1050	1,40	2,45	4,72	5,08
	2,5TA	2,40	1112	1,45	2,55	5,27	5,67
	3TA	2,40	1175	1,50	2,60	5,84	6,27
	3,5TA	2,50	1237	1,60	2,65	6,59	7,07
	4TA	2,50	1300	1,65	2,70	7,22	7,73
	4,5TA	2,65	1362	1,70	2,80	7,88	8,44
	5TA	2,65	1425	1,75	2,85	8,52	9,12
	5,5TA	2,75	1487	1,85	2,90	9,22	9,86
	6TA	2,75	1550	1,90	2,95	9,95	10,64
41T151 51T150 61T150 42E151 52E150 62E150	2TA	2,55	1050	1,40	2,70	5,15	5,51
	2,5TA	2,65	1112	1,45	2,80	5,74	6,14
	3TA	2,65	1175	1,50	2,85	6,53	6,97
	3,5TA	2,75	1237	1,60	2,90	7,19	7,66
	4TA	2,75	1300	1,65	2,95	7,86	8,37
	4,5TA	2,85	1362	1,70	3,00	8,57	9,12
	5TA	2,85	1425	1,75	3,05	9,29	9,89
	5,5TA	2,95	1487	1,85	3,10	10,24	10,89
	6TA	2,95	1550	1,90	3,15	11,04	11,73
41T161 51T160 61T160 42E161 52E160 62E160	2TA	2,70	1050	1,50	2,85	5,46	5,82
	2,5TA	2,80	1112	1,55	2,95	6,25	6,66
	3TA	2,80	1175	1,60	3,00	6,94	7,38
	3,5TA	2,90	1237	1,70	3,05	7,61	8,09
	4TA	2,90	1300	1,75	3,10	8,35	8,86
	4,5TA	3,05	1362	1,80	3,20	9,31	9,88
	5TA	3,05	1425	1,85	3,25	10,08	10,69
	5,5TA	3,15	1487	1,95	3,30	10,92	11,57
	6TA	3,15	1550	2,00	3,35	11,76	12,46
41T171 51T170 61T170 42E171 52E170 62E170	2TA	2,85	1050	1,50	3,00	6,29	6,66
	2,5TA	2,95	1112	1,55	3,10	7,00	7,40
	3TA	2,95	1175	1,60	3,20	7,73	8,17
	3,5TA	3,10	1237	1,70	3,25	8,49	8,97
	4TA	3,10	1300	1,75	3,30	9,29	9,81
	4,5TA	3,20	1362	1,80	3,35	10,36	10,93
	5TA	3,20	1425	1,85	3,40	11,20	11,81
	5,5TA	3,30	1487	1,95	3,45	12,12	12,77
	6TA	3,30	1550	2,00	3,50	13,01	13,71

*Nota: Las dimensiones de las cimentaciones de los apoyos proyectados son aproximadas. Los valores definitivos de estas se determinarán en función del terreno y en caso necesario del estudio geotécnico correspondiente.*

## CIMENTACIONES FRACCIONADAS EN TIERRA APOYOS IBERDROLA 66 KV SERIE 2



APOYO		DIMENSIONES EN m						VOLUMEN POR APOYO EN m³		APERTURA DE HOYOS		HORMIGONADO	
TIPO	BASE	DS Ø	DI Ø	DB Ø	J	K	H	EXCAV.	HORM.	A-B	C	R-S	T
42E221	B12	1,00	1,00	1,80	0,60	0,10	2,65	10,96	11,68	1684	2381	1514	2141
52E220	B15	1,00	1,00	1,80	0,60	0,10	2,65	10,96	11,68	1917	2711	1747	2471
62E220	B18	1,00	1,00	1,80	0,60	0,15	2,75	11,24	11,96	2150	3041	1981	2801
51T220	B21	1,00	1,00	1,80	0,60	0,15	2,75	11,24	11,96	2384	3371	2214	3131
61T220	B24	1,00	1,00	1,80	0,60	0,25	2,85	11,56	12,28	2617	3701	2447	3461
42E231	B12	1,10	1,10	2,10	0,75	0,10	2,95	15,60	16,32	1684	2381	1514	2141
52E230	B15	1,10	1,10	2,10	0,75	0,10	2,95	15,60	16,32	1917	2711	1747	2471
62E230	B18	1,10	1,10	2,10	0,75	0,15	3,05	15,96	16,68	2150	3041	1981	2801
	B21	1,10	1,10	2,10	0,75	0,15	3,05	15,96	16,68	2384	3371	2214	3131
61T230	B24	1,10	1,10	2,10	0,75	0,25	3,15	16,36	17,68	2617	3701	2447	3461
52E240	B12	1,20	1,20	2,40	0,90	0,10	3,15	20,60	21,32	1684	2381	1514	2141
	B15	1,20	1,20	2,40	0,90	0,10	3,15	21,04	21,76	1917	2711	1747	2471
	B18	1,20	1,20	2,40	0,90	0,15	3,25	21,28	22,00	2150	3041	1981	2801
62E240	B21	1,20	1,20	2,40	0,90	0,15	3,25	21,48	22,20	2384	3371	2214	3131
	B24	1,20	1,20	2,40	0,90	0,25	3,35	21,94	22,66	2617	3701	2447	3461





CIMENTACIONES APOYOS IMEDEXA SERIE HALCÓN (TERRENO NORMAL)										
Compresibilidad		K = 12								
Altura/Esfuerzo		2.000	2.500	3.000	3.500	4.500	6.000	7.000	9.000	13.000
8	h	1,60	1,80	1,85	1,90	2,05	2,15	2,25	2,40	
	a	1,44	1,46	1,46	1,46	1,46	1,47	1,55	1,53	
	V	3,32	3,84	3,94	4,05	4,37	4,65	5,41	5,62	
10	h	1,70	1,85	1,95	2,00	2,10	2,30	2,35	2,50	2,90
	a	1,53	1,55	1,55	1,55	1,55	1,56	1,64	1,66	1,85
	V	3,98	4,44	4,68	4,81	5,05	5,60	6,32	6,89	9,90
12	h	1,75	1,90	2,00	2,05	2,20	2,35	2,40	2,55	3,00
	a	1,60	1,61	1,60	1,60	1,60	1,61	1,76	1,73	1,90
	V	4,48	4,92	5,12	5,25	5,63	6,09	7,43	7,63	10,80
14	h	1,85	2,00	2,05	2,15	2,25	2,40	2,45	2,60	3,05
	a	1,70	1,70	1,70	1,70	1,71	1,72	1,85	1,85	2,00
	V	5,35	5,78	5,92	6,21	6,58	7,10	8,39	8,90	12,20
16	h	1,90	2,05	2,10	2,20	2,30	2,50	2,50	2,65	3,10
	a	1,76	1,77	1,76	1,78	1,79	1,81	1,93	1,96	2,05
	V	5,89	6,42	6,50	6,97	7,37	8,19	9,31	10,18	13,00
19	h	1,95	2,10	2,15	2,25	2,40	2,55	2,55	2,75	3,15
	a	1,86	1,86	1,87	1,87	1,88	1,89	2,03	2,06	2,15
	V	6,75	7,27	7,2	7,87	8,48	9,11	10,51	11,67	14,60
21	h	2,00	2,15	2,20	2,30	2,40	2,55	2,60	2,75	3,25
	a	1,93	1,95	1,96	1,96	1,98	1,98	2,18	2,15	2,25
	V	7,45	8,18	8,45	8,84	9,41	10,00	12,36	12,71	16,50
23	h	2,00	2,20	2,25	2,35	2,45	2,60	2,65	2,80	3,30
	a	2,02	2,00	2,01	2,00	2,2	2,06	2,24	2,29	2,35
	V	8,16	8,0	9,09	9,40	10,00	11,03	13,30	14,68	18,20
26	h	2,05	2,20	2,30	2,35	2,50	2,65	2,65	2,85	3,35
	a	2,07	2,11	2,10	2,11	2,14	2,17	2,37	2,41	2,40
	V	8,78	9,79	10,14	10,46	11,45	12,48	14,88	16,55	19,30
28	h	2,10	2,25	2,30	2,40	2,55	2,70	2,70	2,85	3,35
	a	2,17	2,19	2,20	2,21	2,22	2,20	2,46	2,46	2,50
	V	9,89	10,79	11,13	11,72	12,57	13,07	16,34	17,25	20,90
30	h	2,10	2,30	2,35	2,45	2,55	2,70	2,70	2,90	3,35
	a	2,27	2,27	2,28	2,28	2,29	2,30	2,55	2,59	2,60
	V	10,82	11,85	12,22	12,74	13,37	14,28	17,56	19,45	22,60
32	h	2,15	2,30	2,35	2,45	2,60	2,70	2,75	2,90	3,40
	a	2,29	2,33	2,33	2,34	2,34	2,39	2,62	2,63	2,70
	V	11,27	12,49	12,76	13,42	14,24	15,42	18,88	20,06	24,80



		CIMENTACIONES APOYOS IMDEXSA SERIE ÁGUILA/ÁGUILA REAL						
SECCIÓN CIRCULAR		$\sigma=2,5 \text{ Kg/cm}^2 \alpha=30^\circ$						
		3.000	6.000	9.000	12.000	14.000	18.000	21.000
10	a	1,20	1,20	1,35	1,55	1,65	1,85	1,95
	b	0,90	0,90	1,00	1,00	1,10	1,10	1,20
	H	1,70	2,35	2,65	2,90	3,05	3,20	3,35
	h	0,30	0,30	0,35	0,55	0,55	0,75	0,75
	V	1,15	1,57	2,19	2,56	3,20	3,64	4,43
12	a	1,20	1,25	1,40	1,60	1,70	1,90	2,05
	b	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,20
	H	1,75	2,40	2,75	2,95	3,10	3,30	3,40
	h	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,85
	V	1,18	1,62	2,30	3,05	3,31	4,28	4,69
14	a	1,20	1,25	1,40	1,65	1,75	1,95	2,10
	b	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,20
	H	1,85	2,45	2,75	3,00	3,15	3,30	3,45
	h	0,30	0,35	0,40	0,55	0,65	0,75	0,90
	V	1,25	1,66	2,30	3,16	3,43	4,37	4,86
16	a	1,20	1,25	1,45	1,65	1,80	2,00	2,15
	b	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,20
	H	1,90	2,50	2,80	3,05	3,15	3,35	3,45
	h	0,30	0,35	0,45	0,55	0,70	0,80	0,95
	V	1,28	1,69	2,38	3,20	3,51	4,53	4,98
18	a	1,20	1,25	1,50	1,70	1,85	2,05	2,20
	b	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,20
	H	1,95	2,60	2,80	3,05	3,20	3,40	3,50
	h	0,30	0,35	0,50	0,60	0,75	0,85	1,00
	V	1,31	1,75	2,43	3,27	3,64	4,69	5,16
20	a	1,20	1,30	1,50	1,75	1,90	2,10	2,20
	b	0,90	0,90	1,00	1,10	1,20	1,20	1,30
	H	2,00	2,60	2,85	3,10	3,25	3,45	3,55
	h	0,30	0,40	0,50	0,65	0,70	0,90	0,90
	V	1,34	1,78	2,47	3,38	4,23	4,86	5,73
22	a	1,20	1,30	1,55	1,75	1,90	2,10	2,25
	b	0,90	1,00	1,00	1,10	1,20	1,20	1,30
	H	2,05	2,65	2,90	3,10	3,25	3,45	3,55
	h	0,30	0,30	0,55	0,65	0,70	0,90	0,95
	V	1,37	2,16	2,56	3,38	4,23	4,86	5,86
24	a	1,20	1,35	1,55	1,80	1,95	2,15	2,30
	b	0,90	1,00	1,00	1,10	1,20	1,20	1,30
	H	2,10	2,65	2,90	3,15	3,30	3,45	3,60
	h	0,30	0,35	0,55	0,70	0,75	0,95	1,00
	V	1,41	2,19	2,56	3,51	4,37	4,98	6,06
27	a	1,20	1,35	1,60	1,80	1,95	2,15	2,30
	b	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,20	1,30
	H	2,15	2,70	2,95	3,15	3,30	3,50	3,60
	h	0,30	0,35	0,50	0,70	0,75	0,95	1,00
	V	1,44	2,23	3,05	3,51	4,37	5,03	6,06
30	a	1,20	1,35	1,60	1,80	2,00	2,20	2,35
	b	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,20	1,30
	H	2,20	2,70	2,95	3,15	3,35	3,50	3,60
	h	0,30	0,35	0,50	0,70	0,80	1,00	1,05
	V	1,47	2,23	3,05	3,51	4,53	5,16	6,21



CIMENTACIONES APOYOS IMDEXSA SERIE CÓNDOR								
SECCIÓN CIRCULAR		$\sigma=2,5 \text{ Kg./cm}^2 \alpha=30^\circ$						
		3.000	5.000	7.000	12.000	18.000	27.000	33.000
12	a	1,30	1,30	1,40	1,60	2,00	2,40	2,60
	b	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30
	H	1,75	2,15	2,45	2,75	3,00	3,35	3,55
	h	0,40	0,40	0,50	0,60	0,90	1,20	1,30
	V	1,24	1,50	1,77	2,50	3,74	5,60	7,01
	c	3,30	3,30	3,30	3,55	3,55	3,55	3,55
15	a	1,30	1,30	1,40	1,70	2,00	2,40	2,60
	b	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30
	H	1,85	2,25	2,50	2,70	3,05	3,45	3,60
	h	0,40	0,40	0,50	0,70	0,90	1,20	1,30
	V	1,31	1,56	1,80	2,60	3,79	5,71	7,08
	c	3,70	3,70	3,70	4,10	4,10	4,10	4,10
18	a	1,30	1,30	1,40	1,70	2,00	2,50	2,60
	b	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,30	1,30
	H	1,90	2,30	2,55	2,80	3,15	3,40	3,65
	h	0,40	0,40	0,50	0,70	0,90	1,20	1,30
	V	1,34	1,59	1,83	2,67	3,88	6,44	7,15
	c	4,15	4,15	4,15	4,60	4,60	4,60	4,60
21	a	1,30	1,30	1,50	1,70	2,00	2,50	2,65
	b	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,30	1,35
	H	1,95	2,35	2,55	2,85	3,20	3,45	3,65
	h	0,40	0,40	0,60	0,70	0,90	1,20	1,30
	V	1,37	1,62	1,93	2,71	3,93	6,50	7,59
	c	4,60	4,60	4,60	5,15	5,15	5,15	5,15
24	a	1,30	1,30	1,50	1,80	2,10	2,50	2,65
	b	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,30	1,35
	H	2,05	2,45	2,60	2,80	3,15	3,50	3,70
	h	0,40	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,30
	V	1,43	1,69	1,97	2,84	4,12	6,57	7,66
	c	5,00	5,00	5,00	5,65	5,65	5,65	5,65
27	a	1,30	1,40	1,50	1,80	2,10	2,50	2,70
	b	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,30	1,40
	H	2,10	2,40	2,65	2,85	3,20	3,55	3,70
	h	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20	1,30
	V	1,47	1,74	2,00	2,8	4,1	6,6	8,1
	c	5,50	5,50	5,50	6,20	6,20	6,20	6,20
30	a	1,30	1,40	1,50	1,80	2,10	2,60	2,70
	b	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,30	1,40
	H	2,15	2,45	2,70	2,90	3,25	3,50	3,75
	h	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,30	1,30
	V	1,50	1,77	2,00	3,2,9	4,2	6,9	8,2
	c	6,00	6,00	6,00	6,70	6,70	6,70	6,70
33	a	1,30	1,40	1,60	1,80	2,20	2,60	2,70
	b	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,30	1,40
	H	2,20	2,50	2,70	2,95	3,20	3,55	3,75
	h	0,40	0,50	0,70	0,80	1,10	1,30	1,30
	V	1,53	1,80	2,10	3,2,9	4,4	7,0	8,2
	c	6,50	6,50	6,50	7,15	7,15	7,15	7,15



## **ANEXO III**

### **PUESTAS A TIERRA**



- Zonas de pública concurrencia (PC): se consideran como tales las siguientes:
  - casco urbano y parques urbanos públicos .
  - áreas públicas destinadas al ocio cultural o recreativo, tales como parques deportivos, zoológicos, ferias y otras instalaciones análogas.
  - lugares de celebración habitual de romerías, festivales, concursos, actos políticos, sindicales, religiosos, mercados, ferias de ganado, etc.
  - zonas de equipamiento comunitarios, tanto públicos como privados, tales como hipermercados, hospitales, centros de enseñanza, etc.
- Zonas frecuentadas (F): se consideran zonas frecuentadas las que, no estando incluidas en el apartado anterior, se hallen próximas a las anteriores. Se consideran también como tales:
  - zonas próximas a viviendas, carreteras, caminos de servicio de los que sean titulares el Estado, entidades autónomas, entidades locales y demás personas de derecho público, o aquellas constituidas por personas privadas con finalidad análoga.
  - fuentes y pozos de utilización habitual; zonas de huertas
  - instalaciones agropecuarias en la proximidad de establos o edificaciones y zonas ganaderas
  - proximidad de ermitas
- Zonas no frecuentadas (N): se considerarán comprendidas en este apartado, aquellas zonas que no pueden considerarse incluidas en ninguno de los apartados anteriores.
- Zonas de apoyos de maniobra (AM): se considerarán comprendidas en esta zona, todos los apoyos que soporten descargadores, botellas terminales, interruptores, seccionadores, o cualquier otro tipo de aparato de maniobra.

**Leganés, Febrero de 2013**

**Sergio Jiménez Rubio**